Populäre
Naturlehre
mit besonderer Rücksicht auf die
Chemie und verwandten Wissenschaften.

Von

M. Becquerel,

Mitglied der Akademie und erster Professor am naturgeschichtlichen Museum in Paris, Mitglied der königl. Societät in London, der Akademie in Berlin und vieler gelehrten Gesellschaften.

In neun Theilen,
mit einer Menge von Abbildungen.

Aus dem Französischen
von
Professor G. Kißling.

Neunter Theil.
Mit Tafel XIII.

Herausgegeben von der „Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher.“

Stuttgart, 1845
Verlag von Scheible, Rieger & Sattler.
(Preis pro Theil 18 kr. oder 4 1/2 ggr.)

Zweites Kapitel.

Von der Anwendung des polarisirten Lichtes, um in einigen Fällen die Mischungen bestimmter oder nicht bestimmter chemischer Verbindungen zu erkennen.

Jedesmal, wenn eine Kraft, wie die Gravitation, auf materielle Systeme wirkt, die so von einander entfernt sind, daß man die Differenz der Wirkungen, welche aus der Gestaltung eines jeden derselben entspringt, für unwahrnehmbar halten darf, ist die Resultante der Elementarkräfte den Massen proportional und im umgekehrten Verhältnisse zu dem Quadrate ihrer Entfernung, wie dies die mathematische Analysis beweist. Eben so muß es sich in Beziehung auf die Partikelchen oder geometrischen Punkte verhalten, deren Dimensionen in Beziehung auf ihre gegenseitigen Entfernungen unendlich klein sind; es ist aber sehr begreiflich, daß bei geringeren Entfernungen die Resultante von der Aggregationsweise und von der Gestalt der Partikelchen merklich abhängig wird, und daß bei noch weit geringeren Entfernungen der Einfluß so groß wird, daß er wahrnehmbar ist. In diesem letztern Falle überschreitet die Lösung der Aufgabe die Hülfsmittel der mathematischen Analyse und dieser Fall tritt genau bei den chemischen Wirkungen ein, die fast nur im Contakte stattfinden. Nach diesen allgemeinen Betrachtungen ist es begreiflich, daß man, wenn man von

den complizirten Erscheinungen auf die sie erzeugenden Elementarkräfte kommen will, auf solche Schwierigkeiten stößt, daß das Problem unzugänglich ist. Wenn wir auch die Wirkungsweise der chemischen Kräfte, die man Verwandtschaften nennt, wegen der Entfernung, abgesehen von der Gestalt der Elementarpartikelchen, nicht kennen, so haben wir in dem polarisirten Lichte ein Agens, das von Seite der Elementarpartikelchen gewisser Substanzen eine Wirkung erleidet, welche es wegen der einfachen Erscheinungen, die sie hervorbringt, möglich macht, ihre chemische Constitution so zu untersuchen, daß man, wenn man sie miteinander vermischt, aus dem Zustande der Auflösung erkennen kann, ob bloße Mischung oder Verbindung stattfinde. Dies ist die Aufgabe, welche Biot zu lösen sich vorgenommen hat. Die Eigenschaft des polarisirten Lichtes besteht darin, daß gewisse Flüssigkeiten und sogar einige feste Substanzen die primitiven Polarisationsebenen der Lichtstrahlen um eine gewisse Anzahl von Graden und im Verhältnisse zu ihrer Dicke zum Abweichen bringen. Bevor wir die beobachteten Erscheinungen vortragen, wollen wir erklären, was man unter Rotation der Polarisationsebenen verstehe, um jene Erscheinungen leicht zu begreifen.

Wenn man durch eine kleine, in dem Laden eines dunkeln Zimmers gemachte Oeffnung einen Büschel Lichtstrahlen dringen läßt, und man auf seinen Weg einen durchsichtigen, krystallisirten Körper bringt, dessen Gestalt sich weder vom Kubus, noch von dem regelmäßigen Oktaeder ableitet, so theilt sich dieser Büschel gewöhnlich in zwei andere. Nehmen wir zum Beispiele einen Rhomboeder von achromatischem kohlensaurem Kalke: läßt man den Lichtbüschel senkrecht auf die vordere Fläche fallen, so bleibt der gewöhnliche ausfahrende Strahl beinahe in der Verlängerung des einfallenden Strahles, während der außerge-

wöhnlich gebrochene Strahl sich von derselben entfernt und die Intensität von beiden bleibt constant, wenn man das Prisma um den einfallenden Strahl als Achse dreht. Der Beobachter sieht wirklich zwei kreisrunde Bilder von der Oeffnung des Ladens, deren eines von dem gewöhnlichen Strahle hervorgebracht wird und unverrückt auf der Verlängerung der Normale bleibt, während das andere, das sich immer in dem Hauptschnitte befindet, sich demnach um diese Normale, welche die Richtung des einfallenden Strahles ist, in dem Verhältnisse dreht, als der Beobachter das Prisma sich kreisförmig bewegen läßt. Diese beiden Bilder behalten während dieser Drehung merklich gleiche Intensitäten und jedes enthält bloß die Hälfte des durchgelassenen Gesammtlichtes. Dies findet nun mit dem direkten Lichte Statt; ist aber dieses Licht vorläufig polarisirt worden, so ändern sich die Erscheinungen. In dem Falle mit dem direkten Lichte hatte jedes der Bilder unter dem Drehen eine gleiche Lichtintensität. Mit dem polarisirten Lichte geht jedes derselben durch alle mögliche Intensitätsperioden, aber so, daß die Intensität des einen auf Kosten der Intensität des andern wächst, bis es das ganze durchgegangene Licht allein an sich gezogen hat; es nimmt sodann durch die nämlichen Perioden ab, bis es seinerseits ganz erlischt, ohne daß darum die Bilder aufhören, farblos zu sein.

Malus hat die Lichtintensität eines jeden Bildes in den verschiedenen Lagen des Prisma durch die nachfolgenden Formeln ausgedrückt:

$$Jo = J \cos^2 i; \quad J\varepsilon = J \sin^2 i.$$

J drückt die Intensität des einfallenden Lichtes, Jo und Jε die Intensitäten der gewöhnlichen und außergewöhnlichen Strahlen und i den Winkel aus, den der Hauptschnitt des Rhomboeders in jedem Augen-

blicke mit der primitiven Polarisationsebene des einfallenden Strahles bildet.

Man leitet daraus ab

$$Jo + J = J\varepsilon$$

ein Resultat, das mit dem Versuche, wie wir früher gesagt haben, übereinstimmt.

Der Versuch zeigt überdies, daß alle physischen Eigenschaften des polarisirten Strahls auf jeder Seite der Polarisationsebene symmetrisch erschienen; diese Symmetrie der Wirkung kann durch keine Wirkungen aufgehoben werden, welche auf eine gleich symmetrische Weise auf den beiden Seiten dieser Ebene ausgeübt werden. Sie muß also bestehen, wenn man auf eine normale Weise den polarisirten Strahl durch eine feste oder liquide Masse gehen läßt, bevor dieser Strahl durch das doppelt brechende Prisma gegangen ist. Diese Erscheinung findet ausgenommen in Beziehung auf einige Substanzen Statt, welche die Eigenschaft besitzen, die primitive Polarisationsebene entweder rechts oder links zu drehen. Es muß also in diesen Substanzen eine Ursache liegen, die von ihrer Molekularanordnung abhängt, und auf den polarisirten Strahl reagirt. Die hervorgebrachte Wirkung hat nur zum Zwecke, die Polarisationsebene auf der einen oder auf der andern Seite um eine gewisse Anzahl von Graden zum Abweichen zu bringen, denn die Lichtintensitäten werden auf jeder Seite der neuen Polarisationsebene symmetrisch.

Die ersten Phänomene, welche sich auf die in Frage stehenden Thatsachen beziehen, sind im Jahre 1811 von Arago entdeckt worden, als er einen Büschel polarisirten Lichtes in dünne Platten krystallisirter Substanzen gehen ließ; es entsprangen daraus glänzende Farbenerscheinungen. Die direkteste Thatsache bezieht sich aber auf die hervorgebrachte Erscheinung, wenn ein polarisirter Strahl senkrecht durch eine Platte von Bergkrystall geht, die in einer Rich-

tung geschnitten wurde, welche auf der Achse der doppelten Brechung senkrecht ist. Analysirt man den ausfahrenden Strahl mit Hülfe eines doppelt brechenden Prisma, so theilt sich der Strahl in zwei andere von complementärer Farbe so, daß in dem Verlaufe einer halben Wendung, das anfänglich rothe außerordentliche Bild hintereinander orangefarbig, gelb, grün, bläulich, sodann endlich violett wird; worauf die nämlichen Farbenreihen in den vier Vierteln der Peripherie wieder erzeugt werden. In diesem Falle wird nun nach Biot die primitive Polarisationsebene entweder zur Rechten oder zur Linken des Beobachters um einen Winkel zum Abweichen gebracht, welcher der Dicke der Platte proportional ist, welcher Winkel für jede einfache Farbe verschieden ist und nach einem merklich reciproken Verhältnisse oder dem Quadrate der Länge der jeder Art von Strahl eigenen Undulationen mit der Brechbarkeit zunimmt. Diese Winkelbewegung kann nur das Resultat einer eigentlichen Rotation sein, welche der primitiven Polarisationsebene ertheilt wurde. Jeder auf diese Weise zum Abweichen gebrachte Strahl verhält sich in seiner wirklichen oder scheinbaren neuen Polorisationsebene, wie wenn er anfänglich durch die Reflexion in dieser Ebene polarisirt worden wäre. Diese Eigenschaft haben ferner mehrere liquide Körper. Der Apparat (Taf. XIII. Fig. 1), der zu ihrer Beobachtung bestimmt ist, besteht aus folgenden Theilen:

Auf einem mehr langen als breiten Tische, der an dem oberen Theile eine der Länge nach gehende Oeffnung RR hat, sind vier Füße p p′ p″ p‴ befestigt, wovon der erste p eine hohle kupferne Röhre AB trägt, an deren Ende A sich ein Spiegel aus geschwärztem Glase befindet, der dazu bestimmt ist, den Lichtbüschel, der in die Röhre hineingeht, zu polarisiren. Dieser Spiegel befindet sich außerhalb

des Ladens, und der übrige Theil des Apparates ist in einem dunkeln Zimmer, damit die Netzhaut nicht von dem zerstreuten Lichte affizirt werde. Der Fuß p''' ist an seinem oberen Theile mit einem eingetheilten Kreise versehen, der senkrecht auf der Richtung ABE steht und in dessen Mittelpunkt E sich ein doppelt brechendes achromatisch gemachtes Prisma befindet; die Füße p' und p'', die zwischen p und p''' liegen, sind dazu bestimmt, gläserne oder kupferne Röhren t t' von verschiedener Länge zu tragen, die man in dieselbe Achse wie die Röhre AB bringt, und welche mit den Flüssigkeiten angefüllt sind, mit denen man experimentirt. Nach dieser Beschreibung ist die Operationsweise begreiflich, und es ist überflüssig, sich in dieser Beziehung in irgend eine Ausführlichkeit einzulassen. Wir wollen jetzt die vorzüglichsten Resultate anführen, auf welche Biot in seinen Forschungen über die Bewegungsgesetze der Polarisationsebene gelangt ist, Resultate, welche ihn in den Stand setzten, mehrere physiko-chemische Aufgaben zu lösen. Zuerst wollen wir aber damit anfangen, zu sehen, wie sich der Quarz verhalte.

Man operirt mit Platten, welche senkrecht mit der Achse geschnitten und auf den Weg des polarisirten Strahles gestellt wurden. Man findet nach den Quarzvarietäten, daß die Rotation in der einen oder in der andern Richtung stattfinde: in jedem Falle sind die Rotationen demselben Gesetze unterworfen; denn wenn man auf dem Wege eines Lichtstrahls zwei Platten aufstellt, welche entgegengesetzte Eigenschaften besitzen, so vernichtet die eine das, was die andere hervorbringt und es bleibt, je nachdem die eine mehr oder minder dick ist, als die andere, ein Ueberschuß der primitiven Drehung zu Gunsten des einen oder des andern übrig. Wir wollen noch einige Principien angeben, durch welche es möglich wird, die allgemeinen Phänomene aufzufassen.

Die Gesetze, nach welchen sich die Rotation der einfachen Strahlen nicht bloß in Beziehung auf den Quarz, sondern auch auf die liquiden Körper, von denen bald die Rede sein wird, richtet, sind wenigstens rücksichtlich der meisten identisch, und mit Ausnahme der Weinsteinsäure, wie für den Quarz dieselben; man beweist dies dadurch, daß man zeigt, daß die von einer Substanz bewirkte Rotation vollständig von Platten aus Bergkrystall mit entgegengesetzter Rotation compensirt werde. Ebenso verhält es sich in Beziehung auf die liquiden Körper, die sich selbst dann noch compensiren, wenn man sie von entgegengesetzter Rotation wählt und sie dadurch verbindet, daß man ihnen Dicken gibt, die ihrer Energie reciprok sind. Diese Compensirung wird entweder dadurch bewerkstelligt, daß man die Substanzen auf dem Wege der Strahlen über einander legt, oder die Flüssigkeiten in der nämlichen Röhre vermischt, wofern jedoch die Flüssigkeiten keine chemische Reaktionen auf einander ausüben, die im Stande sind, ihre Constitution zu modificiren. Wenn man eine und dieselbe Flüssigkeit in Röhren von verschiedener Länge thut und die Längedifferenz durch Flüssigkeiten, wie Wasser, Alkohol und Aether, deren eigenthümliche Wirkung auf das polarisirte Licht merklich Null ist, compensirt, so werden die Färbungen, welche aus der kreisförmigen Polarisation entstehen, streng constant bleiben, ein Beweis, daß die Rotation keine Veränderung erlitten hat. Aus diesen verschiedenen Thatsachen schloß Biot, daß die Wirkung, welche die thätigen Substanzen auf das polarisirte Licht ausüben, molekular, d. h. von den letzten Partikelchen hervorgebracht sei und einzig und allein von ihrer individuellen Constitution ohne irgend ein Verhältniß mit ihrer respektiven Lage abhänge. Diese Wirkung hängt demungeachtet von der Anordnung gewisser Molekulargruppen ab, weil sie sich in dem nicht kry-

stallisirten Quarz nicht zeigt, obgleich die Rotation des krystallisirten Quarzes beträchtlich ist. Die so eben angegebene Thatsache ist von Biot mit dem Terpentingeiste bestätigt worden, den er von dem Zustande seiner festen Verbindung mit der Salzsäure bis zum dampfförmigen Zustande und diesen mit einbegriffen dem Versuche unterwarf. Man erkennt auch noch die Rotation, welche ein fester oder liquider Schirm, der auf den Weg eines polarisirten Strahls gestellt wird, hervorbringt, vermittelst der Färbung der beiden Bilder, wenn man den ausfahrenden Strahl mit einem doppelt brechenden Prisma analysirt. In vielen Fällen erfordert dieses Mittel Vorkehrungen, die wir angeben müssen.

Das Zerstreuungsvermögen der Substanzen, so wie ihre Rotation sind bisweilen so schwach, daß der Beobachter nicht sehr deutlich die Farbe wahrnehmen kann, um Induktionen daraus abzuleiten. Biot stellte, um diesem Nachtheile zu begegnen, eine empirische Formel auf, vermittelst deren er bewies, daß es eine Lage des Prisma gebe, die der primitiven Polarisationsebene sehr nahe sei, und für welche das außerordentliche Bild ein Minimum wäre. Bei der Annahme, daß keine Absorption der Strahlen stattgefunden habe, ist die Färbung düster purpurfarbig, während sie ein wenig vor dem Minimum, schön blau ist, ein Kennzeichen, welches die Beobachtung leicht gestattet. Wenn das Medium einige einfache Strahlen absorbirt, so existirt doch immer ein Intensitätsminimum für das außerordentliche Bild. Wir wollen jetzt einige conventionelle Zeichen angeben, deren man bedarf, um die hervorgebrachten Erscheinungen recht deutlich zu machen.

Nehmen wir an, daß CBFG Taf. XIII. Fig. 12 den Kreis vorstelle, in dessen Mittelpunkt sich das doppelt brechende Prisma dreht, und denken wir uns überdies noch, daß CA die Direktion der primi-

tiven Polarisationsebene des Strahls sei; wenn nun die Ebene AC rechts nach CD geworfen wird, was man erkennt, weil man das Prisma in den Winkel CAD drehen muß, um die nämlichen Phasen zur Rechten und zur Linken der Polarisationsebene zu bekommen, so sagt man alsdann, die Substanz besitze eine Rotation von links nach rechts, was so bezeichnet wird:

(

Befindet sich hingegen die Polarisationsebene in dem Zifferblatte CAG in AE, so wird die Rotation von rechts nach links bewerkstelligt und die Richtung wird durch ein Zeichen in entgegengesetzter Richtung angezeigt.

)

Es kann sehr wohl geschehen, wie dies Biot beobachtete, daß alle Rotationen in der nämlichen Richtung vor sich gehe, denn die Rotation zur Linken des Winkels CAE ist die nämliche, wie die Rotation zur Rechten, für einen Werth, der dem Winkel gleich ist, welcher den Bogen CDBHFGE zum Maße hat; über 90° hinaus erkennt man die Richtung der Rotation, indem man der Ordnung der Veränderung der Färbungen in dem Verhältnisse folgt, als man das Prisma dreht; denn bei allen Substanzen, die Weinsteinsäure ausgenommen, ist das Rotationsvermögen für die verschiedenen, einfachen Strahlen um so größer, je beträchtlicher das Brechungsvermögen ist.

Wir haben jetzt das Erforderliche für das Studium der Rotation nicht bloß an dem Bergkrystalle, sondern auch an den Substanzen, wo das Phänomen beobachtet wurde.

Rotation der Bergkrystalle.

Da alle mit dem Rotationsvermögen ausgestatteten Substanzen für die verschiedenen farbigen Strahlen die nämlichen Rotationsgesetze geben, so ist es hinreichend, die Versuche nur mit einem einzigen farbigen Strahle anzustellen. Wir geben hier die Zahlen, welche Biot erhielt, und welche die Rotationsverhältnisse der verschiedenen einfachen Strahlen für eine und dieselbe Platte Bergkrystall ausdrücken.

Rotationsbögen in Sexagesimalgraden der verschiedenen einfachen Strahlen durch einen Millimeter einer Platte Bergkrystall, welche senkrecht zu der Achse C geschnitten wurde.

Aeußerstes Roth	17°,4964	
Mittleres Roth		18°,9881
Gränze des Roth und Orangefarbigen	20°,4798	
Mittleres Orangefarbiges		21°,3968
Gränze des Orangefarbigen und des Gelben	22°,3138	
Mittleres Gelb		23°,9945
Gränze des Gelben und des Grünen	25°,6752	
Mittleres Grün		27°,8606
Gränze des Grünen und des Blauen	30°,0460	
Mittleres Blau		32°,3088
Gränze des Blauen und des Indigo	34°,5717	
Mittleres Indigo		36°,1273
Gränze des Indigo und des Violetten	37,°6829	
Mittleres Violett		40°,888
Aeußerstes Violett	44°,0827	

Diese Zahlen sind auf die folgende Weise berechnet worden. Man fängt damit an, die Reihe von Färbungen aufzufinden, welche die Bilder in fixen Lagen annehmen und man erhält vermittelst der Formeln und der empirischen Regel des Newton, um die Färbung zu finden, welche aus der Mischung von Strahlen entsteht, deren Verhältnisse man kennt, Werthe, die den eigentlichen sehr genähert sind. Man braucht gewöhnlich nur das Maß einer Rotation, welche von einer und derselben Art von Strahlen, z. B. der rothen, herkommt, und das man mit Gläsern erhält, welche wahrnehmbar nur Strahlen von dieser Farbe durchlassen. Es ist auch wirklich ihre Brechbarkeit wie die, welche von den rothen Strahlen des Spektrums herrührt, das in $^2/_3$ der Länge des Rothen liegt, wenn man von dem äußersten Roth bis zum Orangegelben ausgeht.

Um die Rotation zu beobachten, welche mit diesen Strahlen durch den Quarz oder irgend eine andere Substanz hervorgebracht wird, stellt man das rothe Glas dem doppeltbrechenden Prisma gegenüber und beobachtet, wie früher angegeben wurde, indem man nämlich darauf sieht, daß man sich im Dunkeln befinde und der Spiegel außerhalb sei.

Will man das Rotationsvermögen von Substanzen messen, welche dasselbe nur schwach besitzen, so kann man nicht mit einem einfachen Strahle experimentiren, weil die Resultate sehr schwach wären; man nimmt aber zu der Bestimmung des Intensitätsminimum des außerordentlichen Bildes seine Zuflucht.

Biot zeigte, daß die hervorgebrachten Erscheinungen der Dicke der Platten proportional seien, und daß die Rotationserscheinung den Partikelchen der Kieselsäure nicht inhärire, wohl aber von ihrer Gruppirung, von ihrer Krystallisationsweise abhänge. Zu dem Ende war es hinreichend, dem Versuche die Sub-

stanz zu unterwerfen, nachdem man sie aus ihrem Aggregatzustande gebracht hatte. In dem nach dem Gaudin'schen Verfahren geschmolzenen Quarze fand er keine Spur von Rotation, so wie in einer Platte von Bergkrystall, die senkrecht auf die Achse geschnitten und wovon ein Theil geschmolzen war. Diese letztere, von dem polarisirten Lichte erhellt und durch das doppelt brechende Prisma gesehen, war vollständig weiß. Als Herschel mit löslichem, aus Quarzprismen gebildetem kieselsaurem Kali die Polarisationsebene abweichen ließ, so fand er diese Flüssigkeit unthätig. Man kann aber keinen Schluß aus dieser negativen Thatsache ableiten, weil das Kali in seiner Verbindung mit dem Quarze die Rotation vernichten konnte, welche dieser letztern Substanz im krystallinischen Zustande eigen ist.

Andere Mineralien, welche nur Kieselerde oder bloß Wasser enthalten, wie der Halbopal oder der edle Opal haben kein Rotationsvermögen, so wie der Tabasheer, der fast ausschließlich aus Kieselerde zu bestehen scheint. Diese Thatsachen sind nicht bündig, denn nichts beweist, daß die Kieselerde, wenn sie zum Hydrate wird, in ihrer Constitution tief affizirt werde, so daß sie ihr Rotationsvermögen verliert. Auf einer andern Seite haben wir den Beweis, daß dieses Vermögen, welches gleichfalls der Weinsteinsäure eigen ist, zunimmt, wenn diese im Wasser aufgelöst ist. Demungeachtet beweist das Ganze der Thatsachen, daß die Erscheinung von der Molekularanordnung abhänge. Da überdies die Rotation in verschiedenen Varietäten der regelmäßigsten Quarzkrystalle bald in der einen, bald in der andern Richtung vor sich geht, so hat man in dieser Thatsache einen Beweis zu Gunsten dieser Folgerungen. Denken wir uns einen Augenblick Krystalle mit entgegengesetztem Vermögen, die vollständig aus ihrem Aggregatzustande gerissen und deren Partikelchen im

flüssigen Zustande in einem Medium zerstreut wären, das sie nicht wesentlich modificirte, so müßten in dem Falle, wo das Rotationsvermögen ihnen eigenthümlich angehörte, die beiden entgegengesetzten Systeme ihre entgegengesetzte Richtung in der Rotation behalten, was zwei Arten von Kieselsäure erheischen würde; eine nicht annehmbare Hypothese.

Eine merkwürdige Beobachtung Herschels verbreitet einiges Licht über den Gegenstand, mit dem wir uns beschäftigen. Die Quarzprismen zeigen in der Varietät, welche Hauy querflächig nennt, eine oder mehrere Rauten, welche auf den Ebenen des Prisma geneigt sind und in gewissen Krystallen von rechts nach links auf der Richtung der Achse und in andern von links nach rechts schief laufen. Als er das Rotationsvermögen und seine Richtung in 23, zu der querflächigen Varietät gehörigen Prismen untersuchte, so fand er ein constantes Verhältniß zwischen der Richtung der Rotation und der der Neigung der Rauten in Beziehung auf die Achse. Diese Beobachtung ist von Biot gleichfalls bestätigt worden.

Rotationsvermögen isomerer Substanzen.

Dieses Vermögen hängt nicht bloß von der Anordnung der Moleküle ab, denn die Natur derselben trägt gleichfalls dazu bei, weil der Terpentingeist sein Rotationsvermögen in mehrere seiner Verbindungen mitnimmt. Es wurde also wichtig, das Rotationsvermögen der Substanzen zu untersuchen, welche eine und dieselbe chemische Zusammensetzung haben. Wir wollen aber zuvörderst nach Biot erklären, was man unter Rotationsvermögen einer Substanz zu verstehen habe.

Es sei (α) das Rotationsvermögen, das von der thätigen Substanz einem Typusstrahle (z. B. dem

rothen Strahle) durch eine Dicke von 1 Millimeter und einer hypothetischen Dichtheit gleich J gegeben wurde; bei einer Dicke l wäre die Abweichung (α) l und bei einer Dichtheit δ

$$(\alpha)\ l\ .\ \delta$$

Es sei α diese Abweichung, so bekommt man

$$\alpha = (\alpha)\ l\delta,$$

woraus man für das Drehungsvermögen erhält:

$$(\alpha) = \frac{\alpha}{l\delta}.$$

Dies gilt für das Drehungsvermögen, wenn sich die Dichtheit ändert. Wir wollen jetzt annehmen, daß die thätige Substanz mit einer andern vermischt sei und daß jene in dem Verhältnisse e daran komme. d bezeichne jetzt die Dichtheit der gemischten Flüssigkeit und man bekommt

$$(\alpha)\ lde = \alpha$$

Wenn man nun P das absolute Gewicht der angewandten thätigen Substanz, E das der unthätigen nennt, so bekommt man:

$$e = \frac{P}{P + E}$$

woraus folgt

$$\alpha = \frac{\alpha\ (P + E)}{Pdl}$$

Als Biot die Wirkungen untersuchte, welche die isomeren Körper auf das polarisirte Licht ausüben, so fand er nicht immer analoge Resultate, weil die Verdichtungsweise der Elemente der Körper eben so wie ihre krystallinische Gruppirung wirkt. Wir werden auch wirklich sehen, daß die Lösung von Wein-

steinsäure in Wasser bei verschiedenen Graden der Temperatur, sich, obgleich sie beständig isomerisch bleibt, in Beziehung auf das Licht ganz verschieden verhält. Es wäre möglich, daß Verbindungen von Säure und Wasser entständen, die nicht auf die gleiche Weise auf das polarisirte Licht wirken. Unter den merkwürdigen Resultaten, welche Biot in Beziehung auf die isomeren Körper erhielt, führen wir diejenigen an, welche auf die Terpentin- und Citronen-Essenzen Bezug haben; die mit dem rothen Glase gaben:

Körper.	Länge der Röhre.	Rothes Glas, Abweichung.
	mm	0
Terpentin-Essenz . . .	341,6	— 90,567)
Citronen- „	168,5	+ 89,750 (

Woraus man ableitet:

(α) Citronen-Essenz . . . . = 60,27

(α) Terpentin- „ . . . . . . = 30

d. h. das Rotationsvermögen der Citroneneffenz ist beinahe das Doppelte von dem der Terpentineffenz, aber in umgekehrter Richtung.

Diese beide Substanzen haben zur Zusammensetzung:

Kohlenstoff	88,9
Wasserstoff	11,1
	100,0

Nun nimmt man nach der Verbindungsweise mit den Säuren an, daß die Terpentineffenz das doppelte Atomgewicht von dem der Citroneneffenz habe:

Terpentineffenz . . . . $C^{40}H^{32}$

Citronen- „ . . . . $C^{20}H^{16}$

woraus man schloß, daß das Verhältniß zwischen

den Atomgewichten und den Rotationsvermögen die nämlichen, aber in umgekehrter Richtung sind. Dies ist das einzige derartige Beispiel, das man bis jetzt beobachtet hat.

Man hat in der so eben gemachten Zusammenstellung angenommen, daß das Atomgewicht der Terpentinessenz das Doppelte von dem der Citronen-Essenz sei, weil das erste mit der Salzsäure verbunden weniger Säure verlange als das andere, um ein Chlorhydrat zu bilden. Es ist aber zu vermuthen, daß bei der bewerkstelligten Verbindung die Terpentinessenz eine starke Veränderung erleide, denn man erhält bei der Zersetzung des Chlorhydrats ein wesentliches Oel, das mit der Terpentinessenz isomerisch, aber nicht mehr identisch mit derselben ist, indem seine Wirkung auf das polarisirte Licht so beschaffen ist, daß seine Rotation, obgleich sie in der nämlichen Richtung stattfindet, um 7,062 nicht so stark war, als die der Terpentinessenz.

Die Weinsteinsäure und die paratartrische Säure haben gleiche Zusammensammensetzung und zeigen Verschiedenheiten in ihren chemischen Eigenschaften nur in der Art ihrer Löslichkeit und Krystallisation; beide, der Wirkung des polarisirten Lichtes ausgesetzt, bieten Verschiedenheiten dar. Die erste wirkt mit einem meßbaren Vermögen, während die zweite unter denselben Umständen keine Wirkung erleidet. Man hat hier abermals einen Beweis, daß das Rotationsvermögen einer Substanz nicht einzig und allein von der Natur seiner Partikelchen abhänge. Demungeachtet kann man sich in einigen Fällen des Rotationsvermögens einer Substanz als eines Mittels der chemischen Analyse bedienen, um das Dasein derselben und sogar die Mengen zu entdecken, wenn sie mit einer andern unthätigen Substanz vermischt ist.

Rotationsvermögen der Zucker, des Dextrins und verschiedener vegetabilischer Säfte.

Unter den organischen Substanzen ist der krystallisirte Rohrzucker eine von denen, welche das Rotatiosvermögen im höchsten Grade besitzen; er bringt die Polarisationsebene rechts zum Abweichen, und diese Eigenschaft benützte Biot, um seine Menge in seiner Mischung mit andern Zuckern, z. B. mit dem Traubenzucker, der die Polarisationsebene links zum Abweichen bringt, zu erkennen und zu bestimmen.

Drei Versuche, die mit dem Rohrzucker, Candiszucker angestellt wurden, haben folgende Resultate gegeben:

Nummern der Versuche.	Menge ε des Zuckers in der Gewichtseinheit der Auflösung.	Dichtheit δ wenn die des Wassers = 1.	Rotationsbogen α der mit dem rothen Glase durch eine Schichte von 152 Millimetern beobachtet wurde.	Werth von a $a = \frac{\alpha}{\varepsilon\delta}$
1ster	0,24999	1,10525	+ 23° 28′ 45″ (	86°,980
2ter	0,50055	1,23109	+ 52° 7′ 30″ (	84°,587
3ter	0,65066	1,31141	+ 70° 11′ 15″ (	82°,258
			Mittel . . .	83°,942

Andere Resultate, welche Biot gleichfalls erhielt.

Menge des Rohrzuckers in der Gewichtseinheit seiner Auflösung.	Dichtheit der Auflösung, wenn die Dichtheit des destillirten Wassers = 1 ist.	Rotation des Strahls, der durch das rothe Glas durch eine Dicke von 160 Millim. der Auflösung geht.
		0
0,01	. . 1,004 . .	. . 1,888
0,02	. . 1,008 . .	. . 1,783
0,03	. . 1,012 . .	. . 2,684
0,04	. . 1,016 . .	. . 3,593
0,05	. . 1,020 . .	. . 4,509
0,06	. . 1,024 . .	. . 5,439
0,07	. . 1,028 . .	. . 6,363
0,08	. . 1,032 . .	. . 7,300
0,09	. . 1,036 . .	. . 8,244
0,10	. . 1,040 . .	. . 9,196
0,11	. . 1,044 . .	. . 10,153
0,12	. . 1,048 . .	. . 11,128
0,13	. . 1,052 . .	. . 12,104
0,14	. . 1,056 . .	. . 13,087
0,15	. . 1,060 . .	. . 14,079
0,25	. . 1,105 . .	. . 24,413
0,50	. . 1,235 . .	. . 54,450
0,65	. . 1,311 . .	. . 75,394

Biot suchte, ob es ein constantes Verhältniß zwischen dem molekularen Rotationsvermögen (A) = $\frac{\alpha}{\varepsilon \delta e}$, wenn e die Dicke der beobachteten Platte bezeichnet, in den beiden Zuständen der Flüssigkeit und der Festigkeit gebe, wenn die Art der Flüssigmachung die Constitution des Zuckers nicht verändert.

Als er mit einer Auflösung von Zuckerwasser operirte, schloß er wie oben:

$$\frac{\alpha}{\varepsilon \delta} = 70{,}975$$

auf eine Dicke von 160 Millimetern, woraus für die Molekularrotation folgt:

$$(A) = \frac{70,975}{160}.$$

Wenn man für die folgenden Operationen mit dem festen Zucker α als bekannt und für $\varepsilon\delta e$ den Werth annimmt, der sich auf den festen Zucker bezieht, so findet man, daß die berechneten Zahlen die nämlichen sind, wie die, welche man durch die Beobachtung erhielt.

Dicke des geschmolzenen Zuckers.	Rotations-Bogen durch das rothe Glas		Ueberschuß des Kalküls.
	berechnet	beobachtet	
mm	0	0	0
37,3 . .	. . + 24,97 . .	. . + 24,23 (	. . 0,74
24,6 . .	. . + 16,47 . .	. . + 15,54 (	. . 0,93

Der Rohrzucker gibt also eine Abweichung rechts vom Beobachter. Wir geben hier eine Tabelle Biots über die Rotation der verschiedenen Zucker.

Substanzen.	Rotationsvermögen durch eine Röhre von 152 Millim. d. h. (α) × 152 für die rothen Strahlen, die von einem rothen Glase herrühren, das eine Brechbarkeit besitzt, die den Strahlen entspricht, welche zwischen 2/3 des prismatischen Roths liegen, von dem äußersten Roth ausgegangen.	
Rohrzucker, Candis, nach seiner Auflösung	. . + 83°,942	$C^{12}H^{18}O^{9} + 2H^{2}O$
Derselbe mit Wasser gekocht und schnell abgekühlt	. . + 62°,619	
Krystallisirter Milchzucker	. . + 70°,180	$C^{24}H^{38}O^{19} + 3H^{2}O$
Stärkezucker in weißen Körnern . . .	. . + 59°,942	$C^{12}H^{28}O^{14}$
Traubenzucker als Sirup	„	
Derselbe in weißen Körnern	. . + 59°,096	
Krystallisirbares Princip des Honigs	. . + 43°,322	
Ebendasselbe unkrystallisirbar	. . „	
Krystallisirtes Mannit	. . unmerklich . .	$C^{6}H^{14}O$

Da der Rohrzucker eine bestimmte Rotation hat, so kann man seine Menge in einer Auflösung berechnen, so daß die Rotation zu einem sehr empfindlichen Mittel der chemischen Analyse werden kann; wir wollen ein Beispiel davon geben.

Man weiß, daß das Stärkemehl in seiner Zusammensetzung durch Zucker + Wasser dargestellt werden könne, so daß, wenn man dieses Stärkemehl mit Wasser kochen läßt, das mit Schwefelsäure gesäuert ist, jenes sich in Zucker verwandelt, der die Pola-

risationsrechts dreht (wie der Rohrzucker; man kann aber, wie Biot und Perzot angegeben haben, beide auf folgende Weise von einander unterscheiden: der Rohrzucker, welcher in dem Wasser aufgelöst wurde, das mit Schwefelsäure gesäuert, unter der Siedhitze erwärmt wurde, verliert seine Molekularconstitution und zeigt die Rotation links) die dem nicht festgemachten Traubenzucker eigen ist. Diese Erscheinung findet mit dem Stärkemehlzucker nicht Statt.

Das arabische Gummi hat die nämliche Zusammensetzung wie der Rohrzucker; es würde interessant sein, seine Rotation zu studiren; zu diesem Ende löste Biot 47,4 Gr. Gummi in 99,127 Gr. destillirten Wassers auf. Als diese Auflösung in eine Röhre von 152 Millimeter gebracht wurde, so zeigte sie die Rotation in umgekehrter Richtung mit dem Rohrzucker, d. h. man bekam

$$\frac{\alpha}{\varepsilon e \delta} = -\frac{33^{\circ},729}{152} \;)$$

eine geringere Menge als der Rohrzucker und in umgekehrter Richtung.

Bei den Forschungen, wovon wir so eben einige Hauptresultate kennen gelehrt haben, sind Biot und Persoz auf die Entdeckung des Dextrins geführt worden. Diese Substanz, welche die nämliche Zusammensetzung wie das Stärkemehl hat, wird durch die unmittelbare Veränderung des Bestandtheils, welcher in den Körnern, die sie bilden, enthalten ist, hervorgebracht.

Wenn man Stärkemehl mit Schwefelsäure, die durch Wasser verdünnt ist, kochen läßt, so verwandelt sich diese Substanz, bevor sie sich zu Zucker umbildet, in eine Materie von gummiartigem Aussehen, die kein Gummi ist, die aber in einer großen Anzahl

von Fällen dieses ersetzen kann, und welche die Eigenschaft besitzt, die Polarisationsebene stärker als der Rohrzucker und als jede andere bekannte organische Substanz mit Ausnahme des Quarz, rechts zu drehen; aus diesem Grunde hat man ihr auch den Namen Dextrin gegeben.

Wenn man auf eine anhaltende Weise mit Hülfe des polarisirten Lichtes die vorhergehende Lösung, welche der Einwirkung der Wärme ausgesetzt wurde, beobachtet, so kann man den Augenblick erkennen, wo die Moleküle große Verschiedenheiten in ihrer Anordnungsweise zeigen. Die Chemie besitzt kein Mittel, den Augenblick nachzuweisen, wo man anhalten muß, damit diese Umwandlung vor sich gehe. Vermittelst des polarisirten Lichtes hat man gefunden, daß die Rotation bei einer Temperatur, die etwas unter 100° ist, beträchtlich zunehme; fährt man mit dem Erwärmen fort, so tritt ein Augenblick ein, wo die Rotation abermals beträchtlich abnimmt und sich sodann nicht mehr ändert; nun ist die ganze Umwandlung bewerkstelligt. Man ersieht daraus den ganzen Vortheil, den man aus dem polarisirten Lichte als Mittel einer chemischen Analyse ziehen kann.

Biot wandte die gefundenen Principien auf eine glückliche Weise auf die Medizin an; er wollte nämlich durch das bloße Besichtigen des Urins eines mit dem Harnflusse Behafteten die Menge Zucker bestimmen, welche er enthält. Er fing damit an, daß er das Rotationsvermögen des gereinigten Zuckers der Harnflüsse untersuchte und konnte aus seinem Vermögen in einer Menge von irgend einer unthätigen Flüssigkeit die Menge des in derselben befindlichen Zuckers berechnen.

Man weiß, daß der zuckerhaltige Harnfluß ein Salz ist, das einen Geschmack besitzt, gährungs- und krystallisationsfähig ist, das auch die Kennzeichen der Löslichkeit, Schmelzbarkeit und des krystallinischen

Aussehens an sich trägt, die mit denen des krystallisirten Traubenzuckers identisch sind, und daß überdies dieser Zucker und die aus festem Trauben- und Stärkemehlzucker alle die nämliche ponderable Zusammensetzung haben. Es war demnach erlaubt, anzunehmen, daß die von Harnflüssen herrührende Urine zwei verschiedene Arten von Zucker enthalten können, den einen, welcher einen Geschmack besitzt, den andern, welcher fad ist. Die optische Untersuchung dieser Substanz hat auf den nämlichen Schluß geführt; denn wenn man das fade Produkt durch wiederholte Waschungen im kalten Alkohol reinigt, so erhält man für die Säure einen Zucker, der einen Geschmack besitzt, der dem Ansehen nach dem Stärkezucker analog ist, wie dieser die geistige Gährung erleidet und eben so ein Rotationsvermögen nach derselben Richtung ausübt. Aus den Versuchen, welche Biot über die Urine mehrerer Harnflüsse unter Befolgung der nämlichen Methode anstellte, welche er angewandt hatte, um die verschiedenen Arten von Salz zu entdecken, die sich in einer Flüssigkeit befinden, erhellt, daß die Anwendung der optischen, einem jeden Zucker eigenthümlichen Kennzeichen, eine sichere und leicht anzuwendende Diagnose abgeben können, um in einem gegebenen Augenblicke den harnflüssigen Zustand der Urinsecretionen nachweisen zu können; ein werthvoller Vortheil, um die verschiedenen Phasen dieser Krankheit zu erkennen.

Von der Rotation der Kampher und der wesentlichen Oele.

Der natürliche Kampher ist derjenige; welcher sich im festen Zustande im Inneren der Gewebe mehrerer Laurusarten absetzt. Die künstlichen Kampher sind Produkte, die dem vorhergehenden ähnlich sind, und die man in der Verbindung mehrerer wesentlichen

Oele mit der Salzsäure entweder dadurch erhält, daß man die Mischung der freien Luft aussetzt, oder daß man die Temperatur erniedrigt.

Biot fand, daß eine Kampherlösung in Alkohol eine Abweichung (wie der durch die Wärme flüssig gewordene Kampher gebe, und daß die Zahl $\frac{\alpha}{e\varepsilon\delta}$ in den beiden Fällen die nämliche, d. h. $\frac{54^{o},2442}{152}$ gleich sei, wenn die Röhre 152 Millimeter in der Länge hat.

Um das Rotationsvermögen des festen Kamphers zu beobachten, polirt man die beiden Flächen eines Stück Kamphers und legt auf jede derselben eine Glasplatte. Biot wies nach, daß der durchgelassene Strahl in allen Lagen zwei Bilder von gleicher Intensität gebe, was beweist, daß, wie bei dem natürlichen Lichte, in allen Azimuth polarisirtes Licht stattfinde, und daß in dem festen Kampher die kleinen Krystalle nicht auf eine verworrene Weise, wie in dem Kampher im flüssigen Zustande geordnet seien, sondern daß sie sich in abgesonderte Gruppen vereinigen, die auf eine individuelle Weise krystallisirt, hinlänglich gereinigt, um doppelt brechend zu sein und so angeordnet sind, um ihre doppelte Brechungsachse nach allen Richtungen hin zu zeigen.

Mit dem künstlichen Kampher, der von dem Terpentingeiste herkommt, erhält man eine Rotation) von $- \frac{34^{o},6637}{152}$ in einer Röhre von 152 Millimetern.

Herr von Lalande fand ein Oel, das mit dem Kampher isomerisch ist; diese Flüssigkeit, welche flüchtig ist, erhält man dadurch, daß man natürlichen

Kampher mit Schwefelsäure auf 1 Atom Wasser bei der Temperatur von 100° in Berührung bringt.

Eine 78 Millimeter lange und mit dieser Flüssigkeit angefüllte Röhre, gab eine Abweichung von 8° ↶; die Flüssigkeit war blaßgelb. Unter denselben Umständen hätte der Kampher eine Abweichung von 35°,5 ↶ gegeben.

Löste man sodann gleiche Mengen Kampher und von diesem Oele nach einander in zwei gleichen Mengen Wasser auf, das Kali enthält, so fand man immer eine Rotation ↶ von 11°,25 für den Kampher und ganz genau die, welche durch den Kalkül gefunden wurde. In Beziehung auf das wesentliche Oel erhielt man ↶ 1°,30, einen Werth, der um 0°,64 geringer ist als der, welchen der Kalkül lieferte, was beweist, daß das Kali bereits auf das Oel gewirkt hatte und in der That war auch schon die Auflösung röthlich schwarz geworden.

Von dem Rotationsvermögen der Weinsteinsäure.

Wir haben früher behauptet, daß alle Substanzen, die auf das polarisirte Licht wirkten, um die Polarisationsebene zum Abweichen zu bringen, sich mit Ausnahme der Weinsteinsäure merklich nach den nämlichen Gesetzen in Beziehung auf die verschiedenen farbigen Strahlen richten, d. h. daß die Abweichungen den Quadraten der Längen der Undulationen eines jeden einfachen Strahls reciprok seien. Es handelt sich nun davon, zu sehen, worin die Ausnahme bestehe, welche die Weinsteinsäure macht; in Beziehung auf diesen Körper richtet sich die Rotation

welche rechts geht, nach einem Verhältnisse, welches das Umgekehrte von dem der Brechbarkeit ist.

Wir geben hier die Resultate, wie sie Biot erhielt.

Rotation der Polarisationsebenen der einfachen Strahlen in einer Lösung der Weinsteinsäure.

Roth	Violett	Orange	Indigo	Gelb	Blau	Grün
° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″
38 7 1	39 38 3	40 29 14	42 8 55	42 51 29	44 39 47	46 10 37

Diese Verletzung der Regel, nach welcher sich die verschiedenen Substanzen richten, brachte Biot auf den Gedanken, daß vielleicht in den andern, dem Versuche unterworfenen Körpern die Gesetze nicht mit denen identisch seien, die man bei dem Quarze erhält. Er fand auch wirklich leichte Verschiedenheiten, als er zum Beispiele verschiedene wesentliche Oele in Betracht zog; um sie aber zu beobachten, muß man Körper von entgegengesetzter Rotation einander so entgegenstellen, daß sie die Rotation der verschiedenen einfachen Strahlen neutralisiren. Demnach entkräftet so zu sagen nur die Weinsteinsäure die Rotationsgesetze des Quarzes.

Biot wirkte zuerst nur auf Lösungen der Weinsteinsäure in Wasser; er fand für diese Auflösungen, so wie für alle andern Körper, welche die Eigenschaft besitzen, die Polarisationsebenen zu drehen, daß die Rotation der Länge der Röhre proportional sei, wofern nur die Lösung immer dieselbe bleibt. Als er verschiedene Lösungen von Weinsteinsäure im Wasser anstellte und auf das Rotationsvermögen (α) einen Schluß machte, so fand er, daß dieses Vermögen, je nachdem eine und dieselbe Menge Säure sich

in einer größeren oder geringeren Menge Wasser befand, nicht dasselbe blieb. Diese Säure übt bei gleichem Gewichte in dem Verhältnisse eine stärkere Wirkung aus, als sie einer größeren Menge Wasser gegenüber ist, und die Menge Wasser macht auf eine ungleiche Weise ihre Wirkung auf die verschiedenen einfachen Strahlen verschieden. Er schloß aus seinen Versuchen, daß die Weinsteinsäure und das Wasser in keinen bestimmten Verhältnissen stünde, denn sonst müßten, bei der Voraussetzung, daß nA, nB, nC, die Wassermengen seien, die zu Sättigung der Mengen A B C Weinsteinsäure erforderlich wäre, die Abweichungen der Polarisationsebene $(n + 1)$ A, $(n + 1)$ B u. s. w. proportional sein, was nicht der Fall ist.

Diese Beobachtungen zeigen, daß in dem Verhältnisse, als die Menge Wasser zunimmt, das Rotationsvermögen eben so wächst, daß es einer constanten Gränze zugeht, die einer unendlichen Lösung entspricht.

Wenn man mit (α) das Rotationsvermögen und mit e die wägbare Menge Wassers bezeichnet, das in der Lösung der Weinsteinsäure enthalten ist, so hat man das Verhältniß

$$(\alpha) = A + Be$$

indem A und B zwei constante Größen sind, die von der Natur des Strahls und von der Temperatur der Flüssigkeit aber so abhängen, daß der geometrische Ort $([\alpha]\ e)$ den jene Gleichung vom ersten Grade ausdrückt, für eine und dieselbe Temperatur und einen und denselben Strahl immer eine gerade Linie bleibt.

Für die mittlere Temperatur von 12° hat Biot für den mittleren rothen Strahl gefunden:

$$[\alpha] = -1{,}17987 + 14{,}3154\ e$$

Nimmt man $[\alpha]$ zur Ordinate und e zur Abscisse, so kann man leicht die Linie construiren, welche der für diesen besonderen Fall gefundene geometrische Ort ist. Man kann diese Stelle erörtern.

Mit der Veränderung der Temperatur verändert sich auch A. Von 0 bis zu 6°,02 ist A negativ; etwas weiter wird es Null, und sodann positiv. Was B anbetrifft, so ist sein Wechsel fast unwahrnehmbar; es bleibt für denselben Strahl beinahe dasselbe. Was wir hier sagen, bezieht sich auf die Annahme des mittleren rothen Strahls.

Temperatur	Werth von A	Werth von B
+ 26°,08	. . + 0,32465 . .	. . + 14,3151
+ 12°,68	. . − 1,17987 . .	. . + 14,3154
+ 6°,02	. . − 2,23511 . .	. . + 14,3154

A wächst also um ungefähr 0°,15,829 auf den Grad. Biot suchte auch, wie der Alkohol und der Holzgeist auf die Weinsteinsäure wirken. Er fand, daß, wenn man Weingeist von einer Dichtheit = 0,8069 nimmt, der kaum 0,02 Wasser enthält und eine Lösung, zu welcher die Weinsteinsäure in dem Verhältnisse von 0,15684 kommt, in eine Röhre von 100 Millimeter thut, so findet man für den rothen Strahl, den man mit dem rothen Glase erhält

$$(\alpha) = + 2,13144 \,\ell$$

Wenn man das Rotationsvermögen einer wässerigen Lösung nach der weiter oben gefundenen Formel sucht, so erhält man für die Abweichung der Polarisationsebene.

$$- 2,10709;$$

was beweist, daß eine Verbindung der Säure und des Alkohols stattfindet.

Wenn man suchte, wie viel Menge Wasser erforderlich sei, um das nämliche Resultat, wie mit dem Alkohol zu erhalten, so findet man e = $^{32}/_{100}$ Wasser. Nun enthält die Alkohollösung $^{82}/_{100}$ Alkohol; man sieht also, daß bei gleichem Gewichte das Rotationsvermögen der Säure von dem Alkohol nicht so sehr vermehrt wird, wie von dem Wasser, ob es gleich in der nämlichen Richtung modificirt wird.

Mit dem Holzgeiste erhält man ähnliche Resultate; nur bemerkt man, daß sich mit der Zunahme der Temperatur der Winkel oder das Vermögen (α) eben so vermehrt, als wenn man Wasser an die Mischung thut.

Wir bedauern, daß wir Biots Forschungen über die Weinsteinsäure nicht weiter ausdehnen können; man kann aber aus dieser flüchtigen Darstellung der Rotationserscheinungen, deren erste Entdeckung auf eine Thatsache zurückgeht, die von Arago in dem Bergkrystalle beobachtet wurde, welche mit so großem Erfolge von Biot untersucht und von demselben auf das Studium der organischen Chemie angewandt wurde, ersehen, worin die Anwendungen der Physik auf die Molekularchemie bestehen können.

Bouchardat hat in der neuesten Zeit die vegetabilischen Alkalien der Einwirkungen des polarisirten Lichtes unterworfen und gefunden, daß die einen die Polarisationsebene rechts, die andern links ablenken, woraus folgt, daß das polarisirte Licht als ein analytisches Mittel dienen könne, das Dasein der vegetabilischen Alkalien in den Pflanzen zu erkennen.

Drittes Kapitel.

Von der Bestimmung der lamellarischen Constitution der krystallisirten Körper vermittelst der Wirkungen, welche das polarisirte Licht bei seinem Durchgange durch dieselben erleidet.

Hauy, dem die Krystallographie eine so große Menge wichtiger Beobachtungen verdankt, hat eine sinnreiche Theorie erfunden, vermittelst welcher er die sekundären Formen einer mineralischen Substanz von einem primitiven Kerne ableitet, auf dessen Flächen sich Reihen von Molekülen legen, die nach gewissen Gesetzen nach den Kanten oder nach den Diagonalen hin abnehmen. Dadurch schreibt er den Krystallen eine lamellarische Constitution zu. Um zu der Bestimmung dieser Constitution zu gelangen, untersuchte Biot, ob die krystallisirten Körper, welche die Eigenschaft besitzen, vermöge ihrer Molekülaraggregation das Licht zu polarisiren, nicht auch bisweilen eine andere Art von Wirkung auf das polarisirte Licht ausüben, die aus ihrer lamellarischen Struktur in besondern nach verschiedenen Richtungen laufenden Schichten entspringt. Diese Methode war die einzige, um zu der Erkenntniß zu gelangen, ob ein Krystall einfach oder eine Zusammensetzung von mehreren andern Kreuzsteinen sei. Um den von ihm eingeschlagenen Weg recht deutlich zu zeigen, wollen wir damit anfangen, die besonderen Erscheinungen vorzutragen, welche die verschiedenen lamellarischen Systeme hervorbringen, und wollen zuerst als Beispiele sehr kleine Alaunkrystalle nehmen, um sie in den ersten Phasen der Entwicklung des Rotationsvermögens zu betrachten.

Man befestigt in einer metallenen Röhre, die an jedem Ende durch eine dünne Glasplatte geschlossen

ist, einen oktaedrischen, möglichst reinen Alaunkrystall so, daß eine seiner Achsen mit der der Röhre parallel laufe, und füllt sodann diese letztere mit einer gesättigten Alaunlösung. Man fängt nun einen Büschel polarisirten Lichtes mit einem großen Nikol'schen Prisma auf, das so angebracht ist, daß die unmittelbare Durchlassung nicht möglich ist; auf diese Weise erscheint der Spiegel, auf welchem man das Licht durch Reflexion polarisirt hat, schwarz. Wenn man nun auf den Weg des polarisirten Lichtes eine durchsichtige Platte stellt, die im Stande ist, es ganz oder theilweise zu modificiren, so wird der Spiegel mehr oder weniger sichtbar werden, ausgenommen in zwei rechtwinklichten Stellungen, nämlich in denjenigen, wo die durch seine Achse und senkrecht auf seine Flächen gelegten Ebenen gegenseitig parallel und auf der Polarisationsebene senkrecht sind.

Wenn man nun das Oktaeder in eine von diesen Lagen dadurch bringt, daß man die Röhre auf eine geeignete Weise dreht, so zeigt sich der Spiegel schwarz, während rechts oder links die vier Dreiecke, welche die Projektion der Krystallfläche bilden, in einem bläulich weißen Lichte erscheinen, das ohne sich zu verändern an Intensität zunimmt, bis sich die auf seinen Flächen normalen Ebenen um 45° gedreht haben, wie man dies Fig. 10 Taf. XIII. sieht. Die Richtung des Pfeils MM ist die der anfänglichen Polarisation. Fährt man mit dem Drehen der Röhre fort, so nimmt die Wirkung des Oktaeders in den nämlichen Perioden ab und wird wieder Null, wenn die Rotation einen vollständigen Quadranten durchlaufen hat, worauf die nämlichen Erscheinungen wieder zum Vorschein kommen. Es erhellt, daß die hervorgebrachte Erscheinung die nämliche ist, wie die, welche man mit einer Platte Beryll oder Bergkrystall erhält, deren Hauptschnitt mit den auf den Seitenflächen normalen Ebenen coincidiren oder senkrecht

auf denselben sein würde, Flächen, welche Biot Hauptschnitte des Alaunoktaeders genannt hat.

Diese Erscheinungen sind um so deutlicher, je vollkommener das Oktaeder in Beziehung auf seine Zusammensetzung, seine Struktur und seine Durchsichtigkeit ist. Da es nun äußerst selten ist, alle diese Bedingungen beisammen anzutreffen, so folgt daraus, daß die depolarisirende Wirkung des Krystalls fast nie in allen Theilen Null wird, so daß man, wenn man die sichtbaren Hauptschnitte in der gehörigen Richtung dreht, immer einige kleine, unregelmäßig zerstreute Punkte bemerkt, deren Weiße noch wahrnehmbar ist, besonders wenn man sich gegen jedes zerstreute Licht verwahrt hat. Diese mannigfaltigen Erscheinungen rühren nothwendig von einem Mangel an Gleichartigkeit in der Krystallisation her. Eben diese Erscheinungen werden auch noch mit Hülfe der lebhaften Farben wahrnehmbar gemacht, welche hervorgebracht werden, wenn durch dünne Platten von Substanzen, welche ein doppeltes Brechungsvermögen besitzen, ein Büschel polarisirten Lichtes in einer einzigen Richtung geht.

Als Biot dieses Phänomen untersuchte, so fand er, daß die Unterbrechungsgesetze der Farben bei Platten von irgend einer Dicke auf gleiche Weise stattfinden, wofern nur die beiden Strahlen, die von ihr verschieden gebrochen werden, durch ihr Ausfahren nicht auffallend getrennt werden. W e n n m a n a l s o z w e i P l a t t e n, w e l c h e e i n e d o p p e l t e B r e c h u n g v o n g l e i c h e r A r t a u s ü b e n u n d d e r e n W i r k u n g s u n t e r b r e c h u n g e n a u f d i e S t r a h l e n v o n u n g l e i c h e r B r e c h b a r k e i t d u r c h I n t e r v a l l e b e w e r k s t e l l i g t w e r d e n, d i e e i n e m u n d d e m s e l b e n V e r h ä l t n i s s e d e r P r o p o r t i o n a l i t ä t f ü r a l l e d i e s e S t r a h l e n u n t e r w o r f e n s i n d, a u f e i n a n d e r l e g t, s o e n t s p r i c h t d i e r e s u l t i r e n d e E r s c h e i n u n g d e r

Summe oder der Differenz ihrer Gesammtdicken, je nachdem ihre Hauptschnitte parallel oder rechtwinklicht gekreuzt gemacht wurden, und das umgekehrte Resultat findet in den nämlichen relativen Lagen Statt, wenn die doppelten Brechungen von entgegengesetzter Natur sind. Auf diese Weise erhält man mit dicken Platten die nämlichen Reihen von Färbungen wie mit dünnen. Will man also die schwache Wirkung des Alaunkrystalls bestimmen, so muß man ihn mit einer Platte von schwefelsaurem Kalke verbinden, die hinreichend dünn ist, um von selbst Farben hervorzubringen, wenn ein polarisirter Strahl durch sie hindurchgeht.

Die in der resultirenden Färbung bewirkten Veränderungen dienen nun dazu, die Richtung und die Natur der additionellen Wirkung anzuzeigen. Man macht den Einfluß der Platte deutlicher, wenn man sie hinlänglich dünn nimmt, damit ihre eigene Farbe schneller modifizirt werde. Man erreicht diesen Zweck vollkommen, wenn die dem polarisirten Büschel ausgesetzte Platte in dem analysirenden Prisma eine bläulich violette oder eine ihr sehr nahe kommende hervorbringt. Gehen wir zu der Art und Weise des Experimentirens über. Ist die Platte des schwefelsauren Kalks gehörig zubereitet, so bestimmt man die Richtung des Hauptschnittes und befestigt ihn sodann auf einen rechtwinklichten Rahmen so, daß dieser Schnitt L L Fig. 9 Taf. XIII. einen Winkel von 45° mit den Seiten des Rechtecks mache. Vor dem analysirenden Prisma befindet sich eine Scheidewand mit horizontaler Grundfläche, deren Ebene senkrecht auf dem polarisirten Büschel steht; man legt den Rahmen auf diese Scheidewand, indem man auf ihre Grundfläche irgend eine Seite des Rechtecks bringt. Der Hauptschnitt des schwefelsauren Kalkes bildet alsdann einen Winkel von 45° mit der primitiven

Polarisationsebene und die Richtung ist immer bekannt. GG ist der reflektirende Spiegel, AA eine inwendig geschwärzte Röhre, LL die dünne schwefelsaure Kalkplatte, PP das analysirende Prisma. Das Ganze wird gegen das zerstreute Licht geschützt. Ist dies geschehen, so bringt man auf dem Wege des Büschels und vor die Platte LL die Röhre TT dazwischen, welche den Alaunoktaeder und die Lösung enthält; man fängt damit an, daß man einen von den Hauptschnitten des Oktaeders dadurch in die primitive Polarisationsebene bringt, daß man die Röhre um ihre Achse dreht, der andere Schnitt ist senkrecht auf dieser Ebene. In dieser Lage ist die depolarisirende Wirkung des Oktaeders ersichtlich Null und sie würde es vollständig sein, wenn der Krystall regelmäßig wäre. Die Platte schwefelsauren Kalks behält alsdann ihre eigenthümliche Farbe, verliert dieselbe aber in den Theilen, wo der durchgelassene Büschel in dem Krystalle auf Unregelmäßigkeiten stößt. Anstatt eines schwachen weißlichen Schimmers, der, wie in dem ersten Versuche diese Unregelmäßigkeiten charakterisirt, bemerkt man eben so viele kleine, glänzende, grüne oder rothe Flecken, die sich auf dem bläulich violetten Grunde losmachen, und welche auch von den am wenigsten geübten Augen wahrgenommen werden. Man dreht die Röhre, bis die Hauptschnitte des Oktaeders mit der primitiven Polarisationsebene einen Winkel von 45° bilden. Einer derselben coincidirt alsdann mit dem Hauptschnitte LL der schwefelsauren Kalkplatte und der andere ist auf derselben perpendikulär. Während dieser Bewegung theilt sich die viereckige Projektion des Oktaeders in vier gleiche Dreiecke, zwei grüne und zwei rothe und welche so liegen, wie Fig. 10 anzeigt.

Die gleichfarbigen Dreiecke stehen mit ihren Spitzen einander gegenüber, und ihre Farbe, die in dem ersten Quadranten fast immer constant bleibt, geht

gegenseitig in die andern über, wenn man die Rotation bis dahin verlängert. Daraus geht hervor, daß die von dem Alaunkrystalle hervorgebrachte Wirkung zu der Wirkung der Platte in dem doppelten Längenbüschel hinzukommt, wo sich die grünen Dreiecke bilden; in dem Büschel fällt sie hinweg, wo die rothen Dreiecke gebildet werden. Bei der Analyse der hervorgebrachten Erscheinungen fand Biot, daß jeder Längenbüschel, der zwischen den von der Achse und den Kanten des Oktaeders beschriebenen Ebenen liegt, wie eine dünne, krystallisirte, mit der doppelten Brechung versehene Platte wirke, die ihre eigene, durch 3,5 ausgedrückte Farbe hat und deren Hauptschnitt mit den äußeren Flächen des Krystalls parallel läuft. Diese Phänomene sind in allen vollständigen, dem Versuche unterworfenen Alaunoktaedern von dem größten an, dessen Achse 42 Millimeter in der Länge hatte, bis zu dem kleinsten, der nur 1 Millimeter dick war, beobachtet worden. Nimmt man einen Theil der Masse durch einen Schnitt hinweg, der nach der Seheachse gemacht wurde, so wirkt der Ueberrest, wie der primitive Krystall. Wenn man nun sorgfältig die innere Struktur der kleinen vollständigen Oktaeder untersucht, so findet man, daß sie aus abgesonderten, mehr oder minder stätigen, regulären Schichten bestehen, die sich zu jeder der äußeren Flächen erstrecken, wie wenn der ganze Krystall durch aufeinander folgende Aufeinanderlegung von Schichten um einen primitiven oktaedrischen Kern gewachsen wäre. Das polarisirte Licht, das in diese Oktaeder in der Richtung ihrer Achse eindringt, ist den eigenen Wirkungen von acht krystallinischen, so über einander gelegten Lamellen unterworfen, und es haben auch wirklich die Modifikationen, welche dasselbe erleidet, mit denjenigen einige Analogie, welche eben so viele Säulen hervorbringen, die aus über einander liegenden Glasplatten bestehen, welche

durch ein Medium von einer andern Brechbarkeit, wie z. B. die Luft, von einander getrennt sind. Diese Säulen entziehen nach der Zahl und der Unterbrechung ihrer Brechungen auf diese Weise dem polarisirten Strahle einen mehr oder minder beträchtlichen Theil des Lichtes, das sie in einer bestimmten Richtung in Beziehung auf ihre wirkliche Brechungsebene polarisiren. Es scheint, daß dies hier der einzige Aehnlichkeitspunkt ist, denn es müssen andere Erscheinungen zum Vorscheine kommen, welche von der verschiedenen Constitution der brechenden Säulen und von der eines Krystalls abhängen, der aus Lamellen besteht, die in unendlich kleinen Entfernungen neben einander liegen. Wenn man die natürlichen Säulen der Alaunoktaeder betrachtet, als üben sie um ihre wirkliche Brechungsebene herum eine Polarisationsweise aus, welche derjenigen ähnlich ist, welche die dünnen, mit doppelter Brechung versehenen Platten um ihren Hauptschnitt herum ausüben, so findet man, daß die Folgerungen dem Phänomene in allen natürlichen Anordnungen, nach welchen diese lamellarischen Systeme durch die Krystallisation vereint sind und ihre Richtung erhalten, ganz conform bleiben. In einer Denkschrift Biot's kann man alle Erscheinungen finden, welche aus dieser Vergleichung entspringen; Erscheinungen, welche wir leider wegen der Ausführlichkeiten, in die wir uns einlassen müßten, nicht anführen können. Wir wollen bloß die allgemeinen Resultate schnell durchgehen, welche Biot in der optischen Untersuchung erhielt, die er mit mehreren mineralischen Substanzen anstellte, wovon sich die einen von dem kubischen oder regelmäßigen oktaedrischen, die andern von jedem andern Systeme ableiten lassen.

Steinsalz. Wenn man bei großen Krystallen das nämliche Verfahren wie bei den kleinen Alaunoktaedern anwendet, so findet man, daß es kein

Stück Steinsalz von einer Dicke von einigen Millimetern gebe, das nicht das polarisirte Licht auf eine sehr merkliche Weise polarisire. Die hervorgebrachten Erscheinungen sind mannigfaltig und hängen von Ursachen ab, deren Wirkung Biot bestimmte:

1) Diese Erscheinungen rühren bisweilen von einem allgemeinen und erzwungenen Zustande der Massen ab, wie wenn diese unter einem äußeren Drucke oder bei einer hohen Temperatur, auf welche eine ungleiche Abkühlung folgte, krystallisirt wären. Man bringt sie künstlich an schon gebildeten Krystallen hervor.

2) Wenn man die Parallelepipeden auf die Richtung des durchgegangenen Strahls so neigt, daß er durch eine ihrer Oberflächen hinein und durch die parallele Fläche hinausgeht, nachdem er im Innern eine oder mehrere totale Reflexionen auf den Transversalflächen erlitten hat, so erleidet dieser Strahl Modifikationen, welche von der Art von Alternativen herrühren, die ihr Maximum an Intensität erreichen, wenn die Ebene, wo sie vorfallen, einen Winkel von 45° mit der primitiven Polarisationsebene macht. Man beobachtet ähnliche Erscheinungen in dem Inneren der Massen, wenn ähnliche Alternative der Brechung und totalen Reflexion auf den Spaltungsebenen, die mit den Flächen des primitiven Kubus parallel sind, bewirkt werden. Oft werden sie sogar durch die Vereinigung der beiden Umstände, welche auf diese Weise in entgegengesetzten Richtungen dabei mitwirken und zwischen aneinander stoßenden krystallisirten Lamellen anders als in raschen Unterbrechungen zu wirken scheinen, complizirt. Man findet ferner analoge Resultate ohne Verbindung mit den äußeren Flächen noch mit den gewöhnlichen Spaltungsebenen in den sogar klaren Massen, welche keine in die Sinne fallende lamellarische Unterbrechung zeigen, wenn sie Theile ent-

halten, deren eigenthümliche kubische Substanzen nicht ganz in ihrer Richtung coincidiren.

Alle diese Erscheinungen sind zufällig, es gibt aber auch andere, wenn auch nicht constantere, die wenigstens in gewissen fixen Richtungen vorfallen, weil sie aus dem mehr oder weniger ungleichen lamellarischen Zustande entspringen, den das kubische System des Steinsalzes in einigen Richtungen annehmen kann. Diese Substanz ist wirklich sehr geneigt, trichterförmig mit rechtwinklichten Flächen, deren constituirende Röhren stockweise übereinander liegen und sich nur an einer Kante berühren, zu krystallisiren. Eine ähnliche Anordnung zeigt sich in gewissen inneren Theilen der Steinsalzmassen; in diesem Falle scheinen diese Theile aus einer Summe ineinander geschachtelter Trichter zu bestehen, deren Rahmen bisweilen nach den beiden rechtwinklichten Richtungen der kubischen Spaltung, bisweilen bloß nach einer einzigen sichtbar sind. Wenn dieser Fall eintritt, hat man zwei abgesonderte lamellarische Systeme, deren Ebenen unter sich rechtwinklicht sind. Wenn man also diese Ebenen nach der Seheachse richtet, indem man sie um 45° der primitiven Polarisationsebene dreht, so bringt jede derselben in ihrer eigenthümlichen Richtung vorherrschende Erscheinungen hervor. Bisweilen zeigen sich Phänomene nach den Ebenen, welche durch die pyramidalen Kanten der eingeschachtelten Serien gehen. Kurz, alle diese Erscheinungen können in einer und derselben Steinsalzmasse, besonders wenn sie einige Dicke hat, vorkommen.

Flußsaurer Kalk. Die Krystalle von dieser Substanz zeigen im Allgemeinen vier gleich deutliche und leichte Spaltungsrichtungen. Sie zeigen sich oft in kubischer Masse, die man theoretisch von dem regelmäßigen Oktaeder ableiten kann, man darf aber daraus nicht schließen, daß es sich immer so verhalte, d. h. daß sie sich von dem Oktaeder durch

Anlegung von Lamellen ableiten, die mit den primitiven Flächen parallel laufen, denn man findet Würfel, welche aus der Aneinanderlegung kleiner rechteckiger Lamellen, die mit den Flächen des Würfels parallel sind, entstehen. Es war also von Wichtigkeit, an den Krystallen, welche eine verschiedene Constitution zu haben scheinen, die Phänomene der lamellarischen Polarisation zu untersuchen; dies that Biot.

Wenn man die hellsten Massen ohne sichtbare Ritzen und welche aus lamellarischen Systemen bestehen, welche parallel mit den Flächen eines Oktaeders abgelagert sind, dem Versuche aussetzt, so erkennt man dieses System an der vorher angezeigten Erforschungsweise; und wenn die Erscheinungen hervorgebracht sind, so findet man bei einer äußerst sorgfältigen Untersuchung ihrer innern Constitution Spuren von äußerst feinen Ritzen in denselben. Operirt man mit Massen von kubischem, flußsaurem Kalke, so findet man außer den Polarisationserscheinungen, die ihnen eigenthümlich sind, und welche sich an denselben immer mit mehr oder minder großer Unregelmäßigkeit zeigen, bei den meisten dieser Massen ein Aussehen von ebenen, mit ihren äußeren Flächen parallelen Schichten. Da diese Spuren eines lamellarischen Systemes mit den Flächen der Würfel parallel sind, so ist ihre eigenthümliche Richtungswirkung auf das polarisirte Licht durch ihre Richtung selbst bestimmt; sie stören den Zustand des durchgelassenen Strahls durchaus nicht und zeigen das Maximum ihrer Wirkung, wenn sie mit dieser Ebene einen Winkel von 45° bilden. Wenn man sie endlich in diesen Lagen mit einer merklichen Platte von schwefelsaurem Kalke verbindet, dessen Hauptschnitt nach dem nämlichen Winkel gerichtet ist, so modificirt eines der Systeme die Färbung dieser Platte durch Addition, das andere durch Differenz, und ihre

Erscheinungen sind umgekehrt, wenn ihre Winkellagen selbst rechtwinklicht umgekehrt sind. Dies sind die Erscheinungen, welche der Wirkungsweise gemäß sind, die man an den isolirten lamellarischen Systemen des Alauns beobachtet.

Von dem Alaune.

Die Wirkung, welche das polarisirte Licht bei seinem Durchgange durch die Krystalle dieser Substanz erleidet, zeigt, daß die Erscheinungen keiner doppelten Molekularbrechung, wohl aber einer eigenthümlichen Wirkung zugeschrieben werden müssen, welche die übereinandergelegten krystallinischen Platten ausüben, wenn die Krystalle complizirt sind, d. h. wenn die erzeugenden lamellarischen Systeme mit den Flächen der primitiven Form nicht parallel sind. Man kann mit Hülfe des polarisirten Lichtes die lamellarische Zusammensetzung, selbst dann, wenn sie complizirt ist, erkennen. Um diese Constitution recht zu beobachten, läßt man den polarisirten Büschel nach der Achse des Krystalls senkrecht auf die beiden Grundflächen hindurch. Bei einer besonderen, dem Versuche unterworfenen Varietät ließen Flächen, die mit den perlmutterartigen Flächen des Würfels parallel waren, so wie die oktaedrischen Seitenflächen keinen Strahl in das Auge gelangen; die ersten wegen ihrer Undurchsichtigkeit, die zweiten wegen ihrer zu großen prismatischen Neigung; die Oberfläche der erleuchteten Projektion wurde dadurch auf die obere oktaedrische Fläche beschränkt, und in diesem Gesichtsfelde zeigen die mit den Seitenflächen parallele lamellarische Systeme ihr Vermögen. Dies wird folgendermaßen begreiflich: Die oktaedrischen lamellarischen Systeme, die mit den beiden vorderen und hintern Grundflächen parallel sind, können die primitive Polarisation nicht stören, da sie auf den

durchgelassenen Strahlen senkrecht sind. In Beziehung auf die Seitensysteme ist die Richtung ihrer Wirkung immer senkrecht auf ihre gegenwärtige Brechungsebene, und sie erreichen ihr Maximum an individueller Energie, wenn diese Ebene einen Winkel von 45° mit der primitiven Polarisationsrichtung macht. Man kann also jedes von ihnen nach der Reihe in dem Striche vorherrschen lassen, den es einnimmt, indem man auf eine geeignete Weise den Krystall in der Ebene seiner Grundflächen sich senkrecht auf die durchgelassenen Strahlen um sich selbst drehen läßt. Biot wandte die nämliche Untersuchungsweise an, um die lamellarische Constitution mehrerer mineralischen Substanzen zu erforschen, die sich vom Kubus oder regelmäßigen Oktaeder ableiten, wie z. B. das salzsaure Ammoniak, die borsaure Magnesia, der weiße Granat und der würflige Zeolith. Aus allen seinen angestellten Beobachtungen geht hervor, daß die Eigenschaft gewisser Krystalle, die zu dem kubischen oder regelmäßigen oktaedrischen Systeme gehören, auf das polarisirte Licht zu wirken, ihnen nicht eigenthümlich und ausnahmsweise gehöre. Alle diese Krystalle besitzen sie nur, weil sie aus Aggregationsmassen von einem endlichen Volumen gebildet und in abgesonderte Systeme mit einer regelmäßigen Ansatzordnung vertheilt sind; daher hat man sie auch zu Bestimmung ihrer lamellarischen Constitution auf eine vortheilhafte Weise benützt. Wir wollen zu den allgemeinen Resultaten übergehen, die man erhielt, indem man sich zu Untersuchung der lamellarischen Constitution der Krystalle, die sich nicht von dem kubischen oder regelmäßigen oktaedrischen Systeme ableiten, der nämlichen Experimentirweise bedient und als Beispiel den Apophyllit, ein Mineral, nehmen, das aus Blättern besteht und sich in Gestalt viereckiger Tafeln mit parallelen Flächen und in geraden Prismen mit viereckiger Grundfläche zeigt,

die an ihrer Spitze und an ihren Kanten durch Abstumpfungen modificirt, und gewöhnlich um ihre Achse herum symmetrisch sind; das Spalten dieser Krystalle wird senkrecht auf die Achse in Querschnitte von perlmutterartigem Aussehen bewerkstelligt, welches die Seitenflächen nie zeigen. Nach Hauy ist die primitive Form des Apophyllits ein gerades Prisma mit viereckiger Grundfläche, dessen Höhe $^5/_4$ der Seite der Grundfläche beträgt, damit man die sekundären Flächen durch einfache Abnahmsbedingungen erhalten könne. Die optischen Erscheinungen zeigen, daß diese Flächen durch eine ganz andere Auflegungsweise hervorgebracht werden.

Eines von den besonderen Kennzeichen des Apophyllits besteht darin, daß er senkrecht auf die Achse der Prismen spaltbar ist. Diese Querspaltung ist an verschiedenen Punkten der Länge der Prismen nicht gleich leicht; sie findet oft, aber nicht immer, sogar an mehr oder minder ausgedehnten Theilen der Endpyramiden mit den nämlichen Kennzeichen des Aussehens und der Leichtigkeit Statt. Werden diese Pyramiden mit der Loupe betrachtet, so scheinen sie aus Schichten zu bestehen, die mit ihrer äußeren Fläche, wie die Pyramiden des Alauns parallel laufen; diese bei dem natürlichen Lichte wahrnehmbare Constitution wird mit dem polarisirten Lichte noch augenscheinlicher, auf welches diese verschiedene lamellarische Systeme auf die gleiche Weise wirken. Alle daraus entspringende Erscheinungen werden durch sehr lebhafte Färbungen, welche den Richtungen dieser Systeme folgen, dargestellt. Um aber diese Erscheinungen an den kleinen Apophyllitkrystallen deutlich zu sehen, muß man statt des Apparats der 9ten Figur einen andern nehmen, bei welchem das natürliche Sehvermögen verstärkt ist und dessen sich Biot bei allen Krystallen von kleiner Dimension gleichfalls bediente. Man thut dieser Bedingung dadurch ein Genüge, daß man das

große Nikol'sche Prisma durch ein anderes Prisma ersetzt, das nur 25 Millimeter Länge hat, und man befestigt eine Loupe von gleicher Brennlänge an das gegen das Objekt gerichtete Ende. Man hält den Apparat mit der einen Hand, bringt ihn mit dem freien Ende an das Auge, und mit der andern Hand nähert man der Loupe den kleinen Krystall, der an dem Ende eines geradlinichten Stäbchens befestigt ist, bis er deutlich gesehen wird. Das nämliche Verfahren wendet man sodann in einem Büschel polarisirten Lichtes an; man richtet das analysirende Prisma nach der Richtung eines solchen Büschels, der von einem horizontalen Spiegel dadurch reflektirt wird, daß man es um seine Achse dreht, bis dieser Spiegel schwarz erscheint. Man bringt sodann den kleinen Krystall in den Weg der Strahlen und dreht denselben in der Richtung, welche die Beobachtung als die wirksamste angibt, um seine Wirkung auf dieselben durch die Wiederherstellung des Lichtes in dem analysirenden Prisma zu offenbaren. Will man diesen Krystall in Verbindung mit einer empfindlichen Platte von schwefelsaurem Kalke untersuchen, so muß man diese Platte entweder vor oder nach dem kleinen Krystalle anbringen und seinen Hauptschnitt auf 45° der primitiven Polarisationsebene richten.

Wir bedauern, daß wir nicht alle merkwürdige und interessante Beobachtungen anführen können, welche Biot bei Untersuchung der Erscheinungen der lamellarischen Polarisation an den verschiedenen Varietäten des Apophyllits anstellte, die er sich zu verschaffen wußte, um ihre lamellarische Constitution endlich zu entdecken. Wir führen bloß die Folgerungen an, die er aus seinen Versuchen zog, und die er nur in Form von Fragen in Beziehung auf die Substanzen aufstellte, die sich durchaus nicht von dem kubischen oder regelmäßigen oktaedrischen Systeme ableiten.

„Erleidet bei den krystallinischen Substanzen mit zwei optischen Achsen, welche ein sehr deutliches, auf diese Achsen gleich geneigtes lamellarisches System zeigen, wie die Glimmer und die Topasen der scheinbare Winkel der Achsen keinen merklichen Einfluß durch die eigenthümliche Wirkung des lamellarischen Systems in Verbindung mit dem Molekularvermögen, welches die Form angibt? Zeigen nicht darum die und die Substanzen, welche in Mustern von derselben mineralogischen Form und von einer und derselben chemischen Grundzusammensetzung untersucht wurden, so große Verschiedenheit in den Größen der zwischen ihren Achsen liegenden und aus der Beobachtung der Ringe geschlossenen Winkel? Dies zeigen uns die farblosen mit den gelben Topasen, wenn man sie mit einander vergleicht. Scheinen nicht zum Theile auch darum die Glimmer mit zwei Achsen aus demselben Gesichtspunkte, sogar in den Krystallen, die sich durchdringen, so verschieden von einander? Aeußert endlich diese Ursache nicht einen merklichen Einfluß auf die augenscheinliche doppelte Brechung besonders in der Nähe dieser Achsen, wo die wirklich molekulare Wirkung stufenweise schwächer wird und endlich ganz verschwindet?

„Modificirt in den Krystallen, welche eine einzige Achse der doppelten Brechung haben und bei denen eine senkrecht auf dieser Achse lamellarische Spaltung stattfindet, die Wirkung dieses Systemes nicht mehr oder minder merklich die eigenthümliche Intensität des Molekularvermögens, indem sie dieses Vermögen dem Anscheine nach verstärkt, wenn es repulsiv ist und dasselbe schwächt, wenn es attraktiv ist, so daß es keine genaue Angabe gibt, wenn man es aus den scheinbaren Polarisationsphänomenen folgert, selbst wenn man ähnliche Substanzen nicht in Krystallen erhalten kann, die in der Quere durchsichtig sind, wo man die Verdopplung der Bilder beobachten

und messen kann? Könnte wenn man eine einzige repulsive, auf ihrer Grundfläche normale Achse an denselben findet, indem man dies aus den bloßen Erscheinungen der Farbe schließt, es sich nicht ereignen, daß das Dasein dieser Achse nur scheinbar wäre, und daß die Phänomene, welche sie zu zeigen scheinen, einzig und allein durch die nicht molekulare Wirkung des lamellarischen Systems hervorgebracht werden?

„Kurz, es ist bewiesen, daß die constituirenden lamellarischen Systeme der krystallisirten Körper durch sich selbst Polarisationserscheinungen entwickeln können, die von der doppelten Molekularbrechung unabhängig und im Stande sind, sich mit analogen Erscheinungen, welche diese letztere hervorbringt, zu verbinden; man darf also die complicirten Resultate dieser zwei Wirkungsarten nicht mehr als charakteristisch für die primitive Formen ansehen."

Viertes Kapitel.

Von den Verhältnissen zwischen dem Brechungsvermögen der Körper und ihrer Dichtheit.

Newton hat zuerst ein gewisses Verhältniß zwischen den Brechungsvermögen der durchsichtigen Körper und ihren chemischen Eigenschaften angegeben, ein Verhältniß, das bis jetzt keinem ganz bestimmten Gesetze unterworfen wurde. Als Newton eine Tabelle der Brechungsindexe einer gewissen Anzahl von Substanzen verfertigte, so bemerkte er, daß der Diamant neben die wesentlichen Oele zu stehen kam; er machte daraus den Schluß, daß dieser Körper einen verbrennlichen Stoff enthalte; eben so verhielt es sich in Beziehung auf das Wasser. Diese Verbindung zwischen den Brechungsvermögen und den

chemischen Eigenschaften der Körper zog erst dann die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich, als man gefunden hatte, das der Diamant aus reinem Kohstoffe bestehe, und daß das Wasser einen verbrennlichen Bestandtheil enthalte. Es war nun ausgemacht, daß man mit der größten Genauigkeit den Inder der Brechung der Körper bestimmen müsse, um sie entweder mit ihrer Dichtheit oder mit irgend einer andern physischen oder chemischen Eigenschaft in der Hoffnung vergleichen zu können, diese Eigenschaften durch einfache Verhältnisse zu verketten.

Die Bestimmung der Brechungsindexe der Körper war der Zweck einer großen Anzahl von Versuchen, welche anfänglich Newton, sodann Wollaston, Brewster, Biot, Arago, Dulong, Young u. s. w. anstellten. Man wandte zu Bestimmung der Brechungsindexe verschiedene Methoden an; wir haben sie in der Einleitung vorgetragen.

Arago und Petit haben in einem, im Jahre 1816 erschienenen Werke das Resultat einer Reihe von Versuchen über die Brechungs- und Zerstreuungskräfte der liquiden Körper herausgegeben.

Diese Resultate bewiesen, daß das Brechungsvermögen einer und derselben Flüssigkeit ihrer Dichtheit nicht proportional sei, sondern mit dieser Dichtheit ein wenig abnehme; aus diesem Grunde operirten sie mit liquiden und gasartigen Körpern. Sie zeigten auch, daß das Zerstreuungsvermögen mit der Dichtheit abnehme, und daß das Brechungsvermögen $\frac{n^2 - 1}{d}$, wenn n das Brechungsvermögen und d die Dichtheit ist, nicht bloß für eine und dieselbe Klasse von Strahlen veränderlich, sondern daß auch das Gesetz, nach welchem sich diese Veränderung richtet, für die verschiedenfarbigen Strahlen verschieden sei.

Dulong hat bei seiner Bestimmung der Brechungs-

indexe der Gase das bereits von Biot und Arago augenscheinlich gemachte Gesetz bestätigt, daß für eine und dieselbe Flüssigkeit die Brechungskraft den Abwechslungen der Dichtheit proportional sei, ein Gesetz, das ihm zu Bestimmung der Brechungsindexe diente. Er zeigte überdies, daß bei den gasartigen Verbindungen die Brechungskraft nicht die Summe der Brechungskräfte der zusammensetzenden Gase sei und schloß daraus, daß die Luft keine Verbindung von Stick- und Sauerstoff, sondern ein Gemenge dieser beiden Gase sei, weil die Brechungskraft der Luft die Summe der Brechungskräfte ihrer beiden Bestandtheile ist.

Brewster hat ein sehr bequemes Verfahren angegeben, um die mittleren Brechungsindexe der liquiden Körper zu erhalten.

Dieses Verfahren besteht darin, an der Linse eines Mikroskops eine ebene Glasplatte nach Art einer Tangente anzubringen und zwischen diese Platte und die Linse einen Tropfen von der Flüssigkeit zu bringen, deren Brechungsindex man messen will; an dem Ende des Objektivglases bildet sich eine planconcave flüssige Linse, welche die Lage, in welche man einen Körper bringen muß, damit sich sein Bild immer in dem nämlichen Punkte zeige, verändert. Wenn man mit n n′ die Brechungsindexe zweier Flüssigkeiten beim Uebergange aus der Luft in diese Körper und mit D d d′ die Entfernungen bezeichnet, in welche man irgend einen Gegenstand bringen muß, um in dem Mikroskope gesehen zu werden, wenn nach der Reihe Luft und jede der beiden Flüssigkeiten zwischen der ebenen Platte und dem Objektivglase da sind, Entfernungen, welche von dem Objektivglase aus gerechnet werden, so hat man folgende Formel:

$$\frac{n-1}{n'-1} = \frac{\frac{1}{D} - \frac{1}{d}}{\frac{1}{D} - \frac{1}{d'}} \quad \text{oder} \quad \frac{n-1}{n'-1} = \frac{1 - \frac{D}{d}}{1 - \frac{D}{d'}}$$

Durch diese Methode erhält man nur den Brechungsindex einer Flüssigkeit in Beziehung auf eine andere.

E. Becquerel und A. Cahours haben dieses Verfahren angewandt, als sie statt der Entfernung D d d′ die Theilungszahlen P p p′ eines auf dem Objekträger angebrachten Mikrometers suchten, welche zwischen zwei festen Strichen eines Mikrometers im Brennpunkte eines Okularglases liegen. Da diese Zahlen mit den vorhergehenden proportional sind, so hat man abermals

$$\frac{n-1}{n'-1} = \frac{1 - \frac{P}{p}}{1 - \frac{P}{p'}}$$

und sie gewähren den Vortheil, genauer beobachtet werden zu können.

Die Flüssigkeit, auf welche sie die Brechungsindexe bezogen, ist das destillirte Wasser und die angenommene Zahl ist $n = \frac{4}{3} = 1{,}3333$ als mittlerer Index dieses Körpers.

Diese Zahl kann auf eine unmittelbare Weise dadurch bestimmt werden, daß man zwischen das Objektivglas eines Mikroskops und den Gegenstand, den man betrachtet, einen liquiden Schirm mit parallelen Flächen bringt. Man muß alsdann den Gegenstand herablassen, um ihn noch ferner in dem Mikroskope zu sehen; denn die Lichtstrahlen, obgleich sie parallel herauskommen, erleiden, nachdem sie durch den Schirm gegangen sind, eine Abweichung von ihrer primitiven Richtung; bezeichnet man also mit e die

Dicke des Schirms und mit d die Größe, um welche man das Objekt aus seiner primitiven Lage entfernt hat, so hat man

$$d = e \left(\frac{n-1}{n}\right)$$

wenn n der Brechungsindex ist.

Wendet man dieses Verfahren auf das destillirte Wasser an, so findet man, daß man, wenn $e = 10^{mm}$ ist, bekommt

$$d = 2^{mm},502$$

Man erhält also

$$\frac{n-1}{n} = 0{,}2502, \text{ woraus folgt } n = 1{,}3336,$$

d. h. $n = \frac{4}{3}$, indem die Differenz 0,0003 hier unbedeutend ist.

Wir geben die Tabelle der verschiedenen Zahlen, die man mit Hülfe des ersten, von uns angezeigten Verfahrens erhalten hat.

(Siehe umstehende Tabelle.)

Aus der Untersuchung dieser Tabelle erhellt:

1) daß die Körper von gleicher Zusammensetzung und deren Dichtheit im flüssigen Zustande durch nicht viel von einander differirende Zahlen angegeben ist, einen Brechungsindex besitzen, der innerhalb sehr schwacher Gränzen verschieden ist, während dieser mit dem Verdichtungszustande der Substanz wächst (Beispiel: Terpentinessenz und Kolophen);

2) daß die liquiden Kohlenwasserstoffe von beinahe gleicher Dichtheit ein um so beträchtlicheres Brechungsvermögen besitzen, je mehr sich der Kohlenstoff in denselben anhäuft. So hat das Retinolen ($C^{64}H^{32}$) einen größeren mittleren Brechungsindex, als das Ceten ($C^{64}H^{64}$), das weit weniger Kohlenstoff enthält, als jenes, und dessen Dichtheit im liquiden Zustande nicht sehr verschieden ist;

3) daß bei den aus Kohlenstoff und Sauer-

Tabelle der mittleren Indexe.

P (Luft) . . . 20,8 ⎫ man nimmt zum Index des Wassers an . .
p (Wasser) . 34,33 ⎭ $n = 1,3333$ oder $^4/_3$.

Namen der Substanzen.	Zahlen p	Indexe	Namen der Substanzen.	Zahlen p	Indexe
Terpentin-Essenz	47	1,471	Kamphersaur. Aether	45,5	1,459
Citron- „	47,5	1,475	Kümmelsaurer „	51,5	1,504
Elemi- „	47,5	1,475	Benzoesaurer „	52,5	1,511
Wachholder- „	47,5	1,475	Essigsaures Methylen	36,33	1,361
Tereben . . .	48	1,479	Ameisenäther . .	36,33	1,361
Terebilen . . .	48	1,479	Benzoilhydrür .	58,5	1,545
Kubeben-Essenz .	49,5	1,490	Salicylhydrür .	65	1,510
Kolophen . . .	53,5	1,517	Absoluter Alkohol	36,33	1,361
Kolophilen . .	53,5	1,517	Krystallisirte Essigsäure . . .	37,5	1,376
Eupion . . .	40,33	1,409	Terpentin-Essenz	47	1,471
Ceten	45	1,463	Chlorhydrat der flüssigen Esseuz	49	1,488
Benzen . . .	51,5	1,504	Bromhydrat der flüssigen Essenz	52,5	1,510
Cinnamen . .	56	1,531	Monochlorotereben	55,53	1,531
Retinolen . . .	55,5	1,577	Chloressenz . .	57,5	1,540
Cymen	48,75	1,485	Valerische Säure	39,8	1,406
Naphtha . . .	40,33	1,409	Chlorovaleristische Säure . . .	50,5	1,497
Retinolen . . .	63,5	1,517	Chlorovalerostische Säure . . .	52,5	1,510
Retinnaphten . .	51	1,500	Benzen . . .	51,5	1,504
Naphto . . .	45,3	1,467	Nitrobenzid . .	60,33	1,554
Kohlenwasserstoff der Aethalsäure .	44,5	1,450	Chlorkohlenwasserstoff	44	1,446
Aether . . .	36	1,357	Bromkohlenwasserstoff	56,5	1,534
Hydrobromsaurer Aether . . .	41	1,417	Aceton	37,5	1,376
Hydroiodsaur. Aether	52,75	1,512	Essigsaures Amilen	39,75	1,406
Ameisensaurer „	36,33	1,361	Nelkenöl . . .	51,5	1,504
Essigsaurer „	37	1,370			
Oxalsaurer „	39,75	1,406			
Oenanthsaurer „	42	1,427			
Citronsaurer „	44	1,446			
Pyrocitronsaur. „	44	1,446			

gebildeten liquiden Körpern der Brechungsinder und das Brechungsvermögen um so beträchtlicher sind, je weniger die Substanz gesäuert ist, wofern nur die Dichtheit dieser Körper nicht sehr verschieden ist; ist aber die Dichtheit in sehr wahrnehmbaren Gränzen verschieden, so kann das Gegentheil stattfinden: dies beweist augenscheinlich, daß die Dichtheit des Körpers im flüssigen Zustande ein Element von einem großen Einflusse ist. So hat der kümmelsaure Aether, welcher auf 100 Theile weniger Sauerstoff, als der benzoesaure Aether enthält, einen geringeren Brechungsinder; aber die Dichtheit des ersten ist auch geringer, als die des Wassers, während die Dicht-des zweiten beträchtlicher ist. Eine ähnliche Bemerkung kann auch in Beziehung auf die essig- und oralsauren Aether gemacht werden;

4) daß rücksichtlich der isomeren Körper, wie das essigsaure Methylen und der Ameisenäther, welche überdies im flüssigen Zustande eine fast identische Dichtheit besitzen, die Brechungsindere auch identisch sind;

5) daß in dem Verhältnisse, als sich das Chlor, Brom oder Jod in den Körpern einer und derselben Familie anhäufen, der Brechungsinder zunimmt, was vielleicht von der Zunahme der Dichtheit dieser Körper im flüssigen Zustande herrührt;

6) daß es endlich ein anderes Element gibt, dessen Dazwischenkunft einen sehr auffallenden Einfluß auf den Brechungsinder ausüben kann, dies ist die Klebrigkeit der Substanz. Dies erhellt auch aus den Beobachtungen Deville's an den chlorovalerisischen und chlorovalerosischen Substanzen.

E. Becquerel und Cahours erforschten, ob bei einer Mischung von liquiden Körpern, welche nicht chemisch auf einander wirken, das Brechungsvermögen der Mischung der Summe der Brechungsvermögen der sie bildenden Flüssigkeiten gleich sei. Dieses

Gesetz zeigte sich ihnen in den von ihnen angestellten Versuchen ziemlich richtig.

Die Forschungen, in Beziehung auf das bestehende Verhältniß zwischen den Brechungsvermögen der Körper und mehreren ihrer physischen Eigenschaften haben für das Studium der Molekularconstitution der Körper eine gewisse Wichtigkeit und müssen in dem von uns herausgegebenen Werke eine Stelle finden. Es sind jetzt noch die Versuche, deren Resultate vorgetragen wurden, auf Flüssigkeiten auszudehnen, deren Zusammensetzung vollkommen begründet ist und überdies die Zerstreuungsvermögen aller dieser Flüssigkeiten anzugeben; es handelt sich auch noch davon, die Veränderungen zu bestimmen, welche die Brechungs- und Zerstreuungsvermögen in dem Akte der Verbindung erleiden. Alle auf diesen Gegenstand Bezug habende Forschungen müssen nothwendig die physiko-chemischen Wissenschaften interessiren.

Fünftes Kapitel.

Von den Bildern, welche durch den Einfluß der Körper auf einander hervorgebracht werden.

Die Erscheinungen, von denen wir jetzt sprechen wollen, beziehen sich nicht auf das Licht; da sie aber bei der Untersuchung seiner chemischen Wirkung entdeckt und der Physik noch nicht eingereiht wurden, so glauben wir, hier davon sprechen zu müssen.

Man weiß, daß, wenn man Charaktere mit verschiedenen Materien auf polirtes Glas zeichnet, dessen Oberfläche man sodann abwischt, die Charaktere wieder zum Vorschein kommen, wenn man Wasserdampf darüber bläst. Als Möser diesen Versuch wiederholte, so fand er, daß diese Thatsache nicht

bloß auf den Dampf von Wasser, sondern auch auf den von Quecksilber und andere, welche den Körpern adhäriren können, ausgedehnt werden könne; diese Dämpfe verdichten sich nicht bloß an den Theilen, wo die Charaktere gezeichnet sind, sondern auch an denen, welche von irgend einer polirten Fläche berührt wurden. Möser ging davon aus, um folgende Thatsache aufzustellen: Wenn eine Fläche in einigen Punkten mit irgend einem andern Körper im Contakte gewesen ist, so erlangt sie in diesen Punkten die Eigenschaft, alle Dämpfe zu verdichten, welche adhäriren oder sich mit ihr auf eine andere Weise als der übrige Theil der Fläche verbinden können.

Wenn man also einige Zeitlang auf eine polirte Silberplatte irgend eine gravirte Platte legt und die erste sodann dem Joddampfe aussetzt, so sieht man ein Bild der auf der gravirten Platte gemachten Zeichnungen; oder wenn man eine jodirte Silberplatte nimmt, und die gravirte Platte auf ihre Oberfläche legt, so erscheint nach einiger Zeit, wenn man diese Platte dem Quecksilberdampfe aussetzt, die gravirte Zeichnung deutlich auf der Platte.

Die Wärme, oder wenigstens eine Temperaturverschiedenheit, beschleunigt die Bildung eines Bildes: Knorr behauptete, ein solches bloß durch eine Temperaturverschiedenheit ohne Dampfverdichtung hervorgebracht zu haben. Möser ging weiter; er fand, daß nur ein Contakt stattgefunden haben müsse, damit ein Körper sein Bild auf eine polirte Fläche abdrücke, und daß es hinreiche, daß diese Objekte einander hinlänglich nahe seien. Wenn man also parallel mit einer polirten Metallplatte, z. B. aus Silber eine gravirte Platte oder ein anderes Objekt aufstellt, so kann man, wenn die Entfernung einen Bruch von einer Linie beträgt, nach Verlauf

einiger Zeit auf der Silberplatte die Modifikation dadurch deutlich machen, die sie durch das Dasein des andern Körpers erlitten hat, daß man das Bild entstehen läßt, das vermittelst des Quecksilber- oder Joddampfes hervorgebracht wurde. Auf diese Weise wurde er auf die Beobachtung geleitet, daß zwei Körper, wenn sie einander hinlänglich genähert werden, ihr Bild einander aufdrücken, ohne daß ein Contakt zwischen ihnen stattfindet. Diese Erscheinungen werden sowohl am Lichte als auch in der größten Dunkelheit hervorgebracht. Möser nahm zu ihrer Erklärung an, daß es eine Art von unsichtbaren Strahlen gebe, was davon herrühre, daß die Körper angesehen werden müssen, als seien sie von selbst leuchtend oder wenigstens so, daß sie Strahlen aussenden, welche nicht auf die Netzhaut wirken. Dies wäre also ein Strahlen, was dahin wirkte, das Bild eines Körpers auf eine polirte, in geringer Entfernung befindliche Platte abzudrücken; zu dem Ende müßte aber dieses Strahlen mit der Schiefe bedeutend an Intensität und zwar so abnehmen, daß es nur dann recht wahrgenommen werden könnte, wenn es senkrecht von der Oberfläche ausgeht. Möser führte zu Unterstützung dieser Ansicht Thatsachen an, welche zeigen, daß ein Körper durch Glimmerplatten von $\frac{1}{5}$ Linie Dicke sein Bild auf eine polirte Fläche fortpflanzen kann. Es handelt sich jetzt davon, zu erfahren, ob die beobachteten Erscheinungen von einem unmerklichen Strahlen, wie Möser annimmt, herrühren, oder ob sie nicht vielmehr das Resultat eines Niederschlages fetter Stoffe sind, die bei ihrer Verflüchtigung die polirten Flächen überziehen, und verhindern könnten, daß der Dampfniederschlag überall gleich wäre, woraus die Abbildung des Gegenstandes entstehen würde.

Die in der Absicht angestellten Versuche, die Bil-

der durch Platten von festen Substanzen fortzupflanzen, können dazu dienen, zu erfahren, ob ein Strahlen stattfinde oder nicht. Ist die Alternative gelöst, so könnte man noch zweifeln, ob die hervorgebrachten Erscheinungen von einem besondern Strahlen oder von einem Austausche von Wärmestrahlungen herrühren, die beständig von einem Körper zu einem andern stattfinden.

Fizeau suchte im Gegensatze mit Mösers Ansicht zu beweisen, daß alle diese Erscheinungen mit keiner Art von Strahlung etwas zu schaffen haben, daß sie vielmehr von der Gegenwart fetter und flüchtiger Stoffe herrühren, welche die meisten Körper besudeln. Er hat auch gezeigt, daß die Eigenschaft, Bilder auf einer polirten Fläche hervorzubringen, bei den Körpern nicht permanent sei, denn wenn man eine große Anzahl von Bildern erhalten will, so nimmt sie nach und nach ab und wird nach einer gewissen Anzahl von Proben beinahe null. Ist ihr Vermögen jedoch einmal geschwächt, so stellt man es augenblicklich dadurch wieder her, daß man mit den Fingern leicht über den Gegenstand hinfährt oder seine Oberfläche mit den Haaren eines lebenden Thieres reibt, die, wie man weiß, mit organischen Stoffen geschwängert sind. Die Temperaturerhöhung eines Objekts begünstigt gleichfalls die Erzeugung seines Bildes auf einer polirten Oberfläche.

Endlich hat Fizeau, als er eine sehr dünne Glimmerplatte zwischen den ein Bild erzeugenden Körper und die polirte Fläche stellte, beständig gefunden, daß die Wirkung null war. Wenn indessen eine und dieselbe Glimmerplatte, die zu zwei auf einander folgenden Versuchen diente, sodann in eine verkehrte Lage mit derjenigen gebracht wurde, die sie das erstemal einnahm, so bringt die Glimmerfläche ein sekundäres Bild hervor, das von dem unmittelbaren Bilde des Körpers dadurch unterschieden werden kann,

daß es eine symmetrische Abbildung desselben ist, während das sekundäre, in Beziehung auf das vorhergehende symmetrische Bild eine identische Darstellung desselben ist. Da Fizeau keine Wirkung durch den Glimmer gefunden und Möser behauptet hatte, eine beobachtet zu haben, so kann man noch nicht über die Ursache dieser Erscheinungen entscheiden; wahrscheinlich ist es aber, daß die fetten Stoffe, die sich auf der Oberfläche der Körper befinden, eine wichtige Rolle bei ihrer Hervorbringung spielen. Man wollte auch der Elektricität die Erzeugung dieser Phänomene zuschreiben; bis jetzt berechtigt aber noch gar nichts dazu, ihnen diesen Ursprung zu geben. Neue Forschungen sind demnach erforderlich, um zu erfahren, welches wohl die Ursache derselben sein möge. Bis dahin bekommt diese Klasse von Erscheinungen einen besondern Platz in der Physik.

Neuntes Buch.

Dazwischenkunft der physischen Kräfte bei den physiologischen Erscheinungen.

Erstes Kapitel.

Von den Pflanzen.

Die organischen Körper sind wie die unorganischen der Einwirkung physischer und chemischer Kräfte unterworfen, welche mehr oder weniger die Erscheinungen des Lebens modificiren, wenn eine dieser Kräfte irgend eine Veränderung erleidet. Wir haben bereits den Einfluß kennen gelernt, den die Capillarität und die Endosmose ausüben; es handelt sich jetzt davon, zu zeigen, wie die andern physischen Kräfte, wie die Schwere, die Wärme, das Licht und die Elektricität dazwischen kommen, um entweder einzeln oder in Gemeinschaft mit der Lebenskraft zu Erzeugung physiologischer Erscheinungen beizutragen. Wir wollen mit den Pflanzen anfangen, welche wegen einer einfacheren Constitution, als die der Thiere ist, sich um so besser zu unseren Forschungen hergeben, als kein Wille mehr da ist, welcher die Wirkung der physischen Kräfte beherrscht.

Wenn man aufmerksam eine Pflanze untersucht, so findet man, daß sie aus einem Systeme von Röhren oder Gefäßen besteht, wovon sich ein Theil in

Wurzeln endigt und der andere sich zu Blättern entfaltet; vermöge der eigenthümlichen Wirkung der Gewebe, welche gewissermaßen die Elemente der Pflanze bilden, und der Wirkungen der Endosmose und Exosmose steigt der lymphatische, dem Boden entnommene Saft in diesen Röhren oder Gefäßen in die Höhe; er wird in denselben so verarbeitet, daß er Elemente hervorbringt, wovon sich die einen mit der Pflanze identifiziren, die andern auf dem Wege der Ausdünstung oder des Ausschwitzens ausgestoßen werden.

Nachdem der Saft eine erste Verarbeitung in den Stämmen der Pflanze erlitten hat, so gelangt er in die Blätter, wo er seine letzte Modifikation unter dem Einflusse der Wärme, des Lichts, der Luft und vielleicht der Elektricität erhält; er steigt sodann wieder herab, dringt in die Rinde und löst sich in einen organischen Stoff auf. Alle Kräfte der Natur, die wir nur auf eine allgemeine Art angegeben haben, tragen also wahrscheinlich zu den Verarbeitungen bei, die beständig in den Pflanzen bewerkstelligt werden; denn die chemischen Kräfte kommen gleichfalls dazwischen, um das Stärkemehl, den Kleber, die Schleime, das Gummi und andere ähnliche Stoffe zu erzeugen, so wie die Schwere, deren Wirkung alle Körper auf unserer Erde unterworfen sind.

Die Schwere ist diejenige Kraft, vermöge welcher ein in die Luft geworfener Körper, von der Erde angezogen, herabfällt; sie erhält die verschiedenen Theile, woraus diese letztere besteht, in ihrer respektiven Lage. Ihre Wirkung äußert sich der Menge der in den Körpern enthaltenen Menge von Materien proportional und im umgekehrten Verhältnisse mit dem Quadrate ihrer Entfernung. Aus mathematischen Gesetzen und der Gestalt der Erde erhellt, daß der Körper im Fallen eine gerade Linie durchläuft, deren Richtung senkrecht auf der Oberfläche einer Wasserfläche steht, wovon alle Theile im Gleich-

gewicht sind, d. h. der Vertikalen folgen würden, die bei ihrer Verlängerung durch den Mittelpunkt der Erde gehen. Fällt eben dieser Körper neben einem Berge, so wird er von der Senkrechten vermöge der von jenem ausgeübten Wirkung abgelenkt. Dies nennt man den Einfluß der Massen.

Die Gravitation übt eine sehr merkwürdige Wirkung auf das Wachsthum der Pflanzen und demnach auf ihre Richtung aus, denn wenn keine fremde Ursache sich mit dieser Wirkung verbindet, so ist die Richtung der Pflanze immer senkrecht.

Die Wurzeln streben dahin, abwärts und die Stämme mit mehr oder weniger Intensität in Folge verschiedener Ursachen, mit denen wir uns nicht abgeben können, aufwärts zu steigen. Dieses Streben, das sich gleich bei dem Entstehen der Pflanze kund gibt, und das ihr ganzes Leben hindurch fortdauert, muß auf die Schwere bezogen werden. Die Versuche, die wir anführen werden, lassen in dieser Hinsicht keinen Zweifel übrig. Wenn man die Lage einer Pflanze verändert und sie sogar umkehrt, so drehen sich die Wurzeln, um die senkrechte Richtung wieder anzunehmen, welche ihnen eigenthümlich ist. Vergebens verändert man die Lage, die Organe nehmen immer die ihnen angemessene an, und die Pflanze geht eher zu Grunde, als daß sie sich der neuen Anordnung fügt, die man ihr geben will. Was mit der Pflanze im Allgemeinen vorgeht, findet bei irgend einem ihrer Theile, Aeste oder Wurzeln Statt. Es ist also eine unaufhörlich wirkende Kraft vorhanden, um alle diese Theile zu zwingen, die senkrechte Richtung anzunehmen.

Hunter beschäftigte sich zuerst damit, den Einfluß zu erforschen, den die Schwere auf die Richtung der Wurzeln und des Pflänzchens innerhalb der ersten Zeit der Entwicklung der jungen Pflanze ausübt. Er ließ zu dem Ende Körner in der horizontalen

Achse eines Fäßchens keimen, dem er eine beständige drehende Bewegung gab. Das Keimen ging vor sich und die Pflanze richtete sich nach der Drehungsachse; die Richtung entfernte sich mehr oder weniger von der senkrechten, je nachdem das Fäßchen mehr oder weniger gegen den Horizont geneigt war. Hunter leitete keinen Schluß aus dieser merkwürdigen Thatsache ab. Knight war es vorbehalten, zu zeigen, daß diese Wirkung davon herrühre, weil die Wirkung der Schwere von der Centrifugalkraft, die von der drehenden Bewegung des Fäßchens herrühre, vernichtet würde.

Er ließ ein Rad von 11 Zoll im Durchmesser (engl. Maß) verfertigen, das er nach einander senkrecht oder horizontal stellen konnte, und das durch ein Winkelrad und ein durch ein fallendes Wasser in Bewegung gesetztes Räderwerk bewegt wurde. An der Peripherie dieser Räder waren kleine Tröge angebracht, in die man Moos oder Baumwolle thun konnte, die durch Querfäden festgehalten wurden, und in welche er Samenkörner that. Der Apparat war überdies so eingerichtet, daß das treibende Wasser zu gleicher Zeit begoß. Die Zahl der Umdrehungen konnte nach Belieben bestimmt werden und eine Geschwindigkeit von 150 Drehungen in der Minute haben. Das Keimen ging wie gewöhnlich vor sich, mit dem Unterschiede jedoch, daß die Richtung der Wurzeln und der Stämme von der Neigung des Rades in Beziehung auf den Horizont und von der Geschwindigkeit der Rotation abhing.

Folgendes sind die Resultate, welche er bei einem mit Bohnen angestellten Versuche erhielt:

1) Wenn das Rad horizontal war und die Geschwindigkeit 150 Drehungen auf die Minute betrug, so richteten sich alle Wurzeln nach unten und die Stämme nach oben. Die Richtung der jungen Pflanze machte einen Winkel von 10° mit der Horizontal-

ebene. Diese Abweichung betrug 45°, wenn die Drehungsgeschwindigkeit nur 80 Umdrehungen auf die Minute machte. Da also in diesem zweiten Falle die Centrifugalkraft nicht so stark war, so bekam die Schwere das Uebergewicht.

2) Als das Rad senkrecht war, so richteten sich alle Würzelchen nach der Peripherie und die Federchen nach dem Mittelpunkte des Rades. In diesem Falle war die Centrifugalkraft der Kraft der Schwere überlegen, was Knight voraussetzte, daß es bei einer Geschwindigkeit von 150 Drehungen in einer Minute stattfinden müsse; die Pflanzen wuchsen und machten einen fast rechten Winkel mit der Achse, wenn die Geschwindigkeit geringer war; die Schwere gewann wieder an Einfluß so, daß die Stämme mehr oder weniger gegen den Horizont geneigt waren.

Es ist augenscheinlich bewiesen, daß der Unterschied, welcher zwischen einem Samenkorn, das in dem Boden keimt und einem andern, das auf einem, einer drehenden Bewegung unterworfenen horizontalen Rade keimt, stattfindet, davon herrührt, daß in dem ersten Falle das Samenkorn bloß der Wirkung der Schwere unterworfen ist, während es in dem zweiten Falle der Centrifugalkraft gehorcht, welche geringer, gleich, größer als die Schwere ist. Man muß also Erscheinungen bekommen, welche von der Resultante dieser beiden gleichzeitig wirkenden Kräfte herrühren, die natürlicher Weise mit der Rotationsgeschwindigkeit des Rades verschieden sein muß. Bei sorgfältiger Untersuchung der verschiedenen Phasen der Erscheinung, kann es keinen Zweifel mehr geben, daß die Schwere die unmittelbare Ursache der Direktion sei, welch die Stämme und die Wurzeln annehmen, wenn keine störende Ursache die Wirkung der Schwere hindert. Die vorhergehenden Thatsachen leiten auf die Untersuchung dieser Frage.

Dutrochet hat mit Erfolg Knight's Versuche mit

Erbsen- und Wickenkörnern wiederholt und eine einem Bratenwender ähnliche Uhrwerksbewegung, die man von 12 Stunden zu 12 Stunden aufzog, angewandt. Außer den vorhin angegebenen Thatsachen, hat er auch noch folgende beobachtet:

Wenn sich ein keimendes Korn in dem Mittelpunkte eines senkrechten Rades befindet und sich auf diese Weise um sich selbst dreht, oder wenn es sich an der Peripherie eines senkrechten Rades befindet, das sich langsam dreht und wenn in beiden Fällen die Rotationsachse sogar auf eine kaum merkliche Weise geneigt ist, so richtet sich das Würzelchen des in der Achse liegenden Korns nach dem abwärts gehenden Theile dieser Achse und der Stamm nach seinem aufwärts gehenden Theile; das Würzelchen und Federchen des Kornes, das in der Peripherie liegt, nimmt eine mit der Achse parallele Richtung an; das erstere in der Richtung des Herabgehens dieser Achse, das zweite in der des Hinaufgehens derselben. Diese besonderen Richtungen werden durch den Einfluß der Schwere bewerkstelligt, weil die Centrifugalkraft Null ist.

Liegt das keimende Korn entweder im Mittelpunkte oder an der Peripherie eines senkrechten Rades, dessen Achse horizontal und dessen Drehung ungleich ist, so richten sich alle Würzelchen parallel mit der der Speichen dieses Rades, dessen Peripherieende im Augenblicke der langsamsten Drehung unten ist. Die Federchen nehmen alle die umgekehrte Richtungen.

Wie kann eine und dieselbe Kraft, welche beständig in derselben Richtung wirkt, die Stämme zwingen, in die Höhe, und die Wurzeln, in die Tiefe zu steigen?

Es ist gewiß, daß die Wurzeln wegen der Nothwendigkeit, in welcher sie sich befinden, Feuchtigkeit und einen Stützpunkt zu finden, die Erde suchen müssen; eben so müssen die Blätter die Luft suchen;

weil sie sich ihres Sauerstoffs bei Nacht bemächtigen müssen; demungeachtet scheint aber die Schwere die einzige Kraft zu sein, auf welche man die Richtung der Pflanzen zu beziehen hat. Diese Kraft hat auch wirklich eine allgemeine Wirkung, die einzige, welche allen Theilen eine gleichförmige Richtung zu geben sucht. Wie geht es aber zu, daß in dem vorerwähnten Versuche mit dem horizontalen Rade die Stämme sich nach der Drehungsachse und die Wurzeln nach der entgegengesetzten Richtung wenden? Hier haben die Wurzeln nicht mehr in der Erde Wasser und einen Stützpunkt zu suchen, sie gehorchen bloß der Wirkung der Centrifugalkraft. Nun werden vermöge dieser Wirkung die schwersten Theile am weitesten fortgetrieben, wie dies ein sehr einfacher Versuch beweist, den man in den Vorlesungen über Physik anstellt. Man würde also durch Induktion auf die Annahme geleitet, daß die constituirenden Theile des Stammes und der Wurzeln schwerer sind, als die der Aeste und Blätter. Hier wollen wir stehen bleiben, aus Furcht, auf Schlüsse geleitet zu werden, welche der Versuch nicht hinlänglich rechtfertigen würde.

Zweites Kapitel.

Einfluß der Wärme auf das Pflanzenleben.

Bei dem Akte der Vegetation wird die Wärme als ein Reizmittel angesehen, denn sie beschleunigt die Verarbeitungen, welche in den Zellen stattfinden; sie wirkt ferner als mechanische Kraft, indem sie das Einsaugen des Wassers und die Phänomene der Zusammenziehung hervorbringt. Dies sind aber Aufgaben aus der Pflanzenphysiologie von sehr complicirter Natur, mit denen wir uns nicht abzugeben haben; wir wollen uns nur mit einfachen Erschei-

nungen beschäftigen, deren Untersuchung dem Physiker zugänglich ist, wie z. B. diejenigen, welche das Keimen betreffen.

Man weiß, daß ein gehörig angefeuchtetes und einem hinreichenden Grade von Wärme ausgesetztes Samenkorn, in Folge einer Endosmose anschwillt, sodann seine Decke zerreißt; das Würzelchen, das aus dem Risse hervorkommt, richtet sich gegen die Erde, während das Federchen aufwärts steigt und seine Kotyledone entfaltet, die alsbald vertrocknen, wenn die ersten Blätter gehörig entwickelt sind, um die junge Pflanze zu ernähren. Wir wollen jetzt sehen, wie die Wärme in diesem ersten Akte des Pflanzenlebens wirke.

Jedes Keimen hört bei einer Temperatur auf, die sehr nahe an Null gränzt. Körner, die einer so niedrigen Temperatur, wie die der nördlichen Gegenden, ausgesetzt sind, erleiden in ihrem Innern keine solche Zerrüttung, daß sie bei der Wiederkehr der schönen Jahreszeit nicht keimen sollten. Es war von Nutzen, den Grad der Kälte zu erforschen, den die Samenkörner ohne nachtheilige Veränderung ertragen können; dies thaten Edwards und Colin, welche Samenkörner von Getreide, Gerste, Bohnen 15 Minuten lang einer Temperatur aussetzen, bei welcher das Quecksilber gefriert. Diese Körner keimten in der Folge, als ob sie dieser schweren Prüfung gar nicht ausgesetzt gewesen wären. Wenn aber eine große Kälte das Keimungsvermögen nicht vernichtet, verhält es sich eben so bei einer hohen Temperatur? Wir wollen Schranken aufstellen. Wir wissen, daß in der heißen Zone unter Umständen, welche dem Keimen günstig sind, die Vegetation am kräftigsten ist. Auf der andern Seite springen bei einer Temperatur von beinahe 75° die Stärkemehlkügelchen, welche das Samenkorn ausmachen, auf. Man muß nun diesen Punkt als die Temperaturgränze

betrachten, bei welcher sich das Keimen entwickeln kann. Darüber hinaus findet eine solche Zerrüttung Statt, daß sich keine Lebenswirkung mehr äußern kann. Der Versuch bestätigte diese Folgerung.

Man hat wirklich gefunden, daß Samen der Cerealien und der Leguminosen, welche 15 Minuten lang einer Temperatur von 75° C ausgesetzt waren, die Fähigkeit zu keimen verloren; die Bohnen widerstehen jedoch bisweilen dieser Temperatur. Samen von Getreide, Gerste, Lein, Bohnen keimen nicht mehr, wenn man sie einer Temperatur von 62° aussetzt. Man muß bis auf 50° herabgehen, wenn man in einigen Samen das Keimen sich entwickeln sehen will; was die Gerste, die Bohne, den Lein anbetrifft, muß man noch weiter herabgehen; die Wirkungen der Wärme sind verschieden, je nachdem die Körner einer feuchten oder trockenen Luft ausgesetzt sind. Bei 75 und sogar bei 62° entzieht das Wasser, sowie sein Dampf den Körnern das Keimungsvermögen. Ein Eintauchen in Wasser von 62° entzieht diese Eigenschaft gewissen Samenkörnern, während sie dieselbe in dem Dampfe von derselben Temperatur behalten. Es scheint also, daß die Gränze des Keimens in dem Dampfe weiter hinausgerückt sei, als in dem heißen Wasser. In trockener Luft wird diese Gränze auch noch überschritten, weil sie bis auf 75° geht: das Getreide, der Roggen, die Gerste, der Lein zeigen diese Erscheinung. Diese Verschiedenheit in der Wirkungsweise des Wassers im liquiden und dampfförmigen Zustande und bei trockener Luft rührt wahrscheinlich davon her, daß sich die Wärme nicht auf dieselbe Weise in diesen drei Fällen fortpflanzt. Es wäre jedoch möglich, daß das Wasser bei dem Spiele der Verwandtschaften dazwischen träte. Das Gewisse hiebei ist, daß die Hülle des Samenkorns der trockenen Luft einen Widerstand entgegenstellt, was bei dem Dampfe und besonders bei dem

Wasser nicht stattfindet. Wenn man die Gränze der Temperatur bei dem Operiren mit Wasser erniedrigt und die Dauer ihrer Wirkung verlängert, so vernichtet man bei übrigens ganz gleichen Umständen das Keimungsvermögen.

10 Getreide-, 10 Roggen- und 10 Gerstenkörner, welche 3 Tage lang bei einer Temperatur von 35°C auf Wasser gelegt wurden, gaben folgende Erscheinungen: 3 Getreide- und 3 Roggenkörner keimten; es haben also $^4/_5$ des Getreides gefehlt und die Gerstenkörner gänzlich. Im Sande fand man mit der Winterfrucht, dem Sommerkorne, der Gerste und dem Hafer, und unter Umständen, wo weniger Wasser war, daß bei 40 Gr. die Gerste und der Hafer keimten; bei 45 Gr. sind viele Körner nicht aufgegangen und andere sind fehlgeschlagen. Die Temperatur von 45 Gr. muß also für die Gränze des Keimens in dem feuchten Sande gehalten wurden. Man kann kein Verhältniß zwischen der Temperatur des Bodens und der Luft aufstellen, weil sich die Körper sehr ungleich an den Sonnenstrahlen erwärmen und die Erdarten sich weit mehr in denselben erhitzen. Man hat auch in dieser Beziehung sehr wenige Forschungen angestellt, und doch wären sie für das Keimen von großer Wichtigkeit. Boussingault, welcher einige Versuche im südlichen Amerika anstellte, hat gefunden, daß die Temperatur des mit dürren Kräutern bedeckten Bodens bis auf 45 und sogar auf 48 Gr. stieg. Humboldt hat beobachtet, daß sich unter den Wendekreisen die Oberfläche des Bodens den Tag über durch das Strahlen bis auf 52 Gr. erhitze. In der Nähe der Wasserfläche des Oronoko hat er grobkörnigen Granitsand gefunden, der eine Temperatur von 60°,3 hatte, während die der Luft im Schatten 29°,6 betrug.

Arago fand bei Beobachtungen über das Ausstrahlen des Sandes während der großen Sommer-

hitze, daß in den allermeisten Fällen die Temperatur auf 48 bis 50° stieg, während die der Luft im Schatten nur 33° betrug.

Edwards und Colin stellten einen Versuch an, um zu erfahren, ob die feuchte Erde wegen des Verdunstens in den Sonnenstrahlen die Temperatur von 48° erhalten könne; zu dem Ende stellten sie vor eine Wärmequelle zwei gleiche Gläser, wovon das eine mit trockenem, das andere mit feuchtem Sande angefüllt war. Thermometer, die in den Mittelpunkt dieser Sande bis an die Gränze 50° gestellt waren, zeigten Verschiedenheiten, die nicht 2 oder 3 Grade überstiegen; aus dieser Thatsache erhellt, daß es zu warme Gegenden geben müsse, als daß die Cerealien daselbst fortkommen könnten. In den Gegenden der Cordilleras von den Küsten des Meeres an bis auf eine Höhe, wo jede Vegetation aufhört, haben sie gefunden, daß zwischen den Gränzen einer mittleren Temperatur von 16 bis 18° das Getreide nicht fortkam; wenn nun der hinlänglich mit Feuchtigkeit geschwängerte Boden auf eine Temperatur von 45 bis 48° stieg, wie dies Boussingault gefunden hat, so konnten die Samenkörner nicht keimen.

Man hat gesehen, daß die Samenkörner in Beziehung auf die Gränze der Wärme, die sie bei dem Keimen ertragen können, verschieden sind, welche z. B. bei dem Roggen höher, niederer bei dem Getreide und noch niederer bei der Gerste ist. Was den Mais anbetrifft, so keimt er unter allen Cerealien bei der höchsten Temperatur, über Wasser bei 45°, d. h. 10° höher, als das Getreide in den nämlichen Umständen. Demnach ist die Reihe der Wärmegränzen, wo das Keimen nicht mehr stattfindet, wenn man bei der niedrigsten anfängt, die Gerste, das Getreide, der Roggen und der Mais. Boussingault hat diese Resultate durch die Beobachtung bestätigt, weil die Gerste in keiner Zone fortkommt, die nicht

so warm, wie das Getreide ist, weil dieses in keiner mittleren Temperatur gedeiht, die bis auf 26° steigt.

Wir halten es für interessant, hier die zu warmen Klimate kennen zu lehren, als daß unsere Cerealien in denselben keimen, wachsen und reifen können, um zu sehen, bis auf welchen Punkt die Versuche des Laboratoriums mit der Beobachtung übereinstimmen.

Edwards und Colin nahmen Winter- und Sommerfrucht, die dem Gewichte und Volumen nach verschieden waren. Da die Körner der erstern schwerer waren, so säeten sie vergleichungsweise 530 Körner von jeder derselben gegen das Ende Aprils, damit die Wärme stärker sei. Das Keimen ging ohne irgend etwas Auffallendes vor sich. Die jungen Pflanzen fuhren fort zu wachsen, aber die Winterfrucht erhielt nicht ihre gewöhnliche Entwicklung, weil sie nur eine krautartige Vegetation zeigte; die Pflanze hatte stark geschosset. Ganz anders verhielt es sich mit der Sommerfrucht, die alle bekannte Phasen ihrer Vegetation zeigte. Die geraden Halme erschienen rasch und setzten zu der gewöhnlichen Zeit Aehren an, woraus zu erhellen scheint, daß die Winterfrucht in Gegenden nicht fortkommen könne, wo die Temperatur der unserer Klimate vom Monat März bis Monat Juli gleich ist.

Um die Temperaturerscheinungen besser zu beurtheilen und zu sehen, ob die Sommerfrucht die nämlichen Erscheinungen wie die Winterfrucht zeige, wenn man das Keimen bei wärmerem Wetter vor sich gehen lasse, so wurde eine Aussaat in den ersten Tagen des Juli vorgenommen. Das Keimen und die andern Phasen der Vegetation entwickelten sich wie gewöhnlich, aber bloß eine krautartige Vegetation ohne Halm noch Aehren, bis die Temperatur sank, d. h. nach dem Monat August. Um diese Zeit fingen die Halme an zu erscheinen und die Beschaffen-

heit des Bodens brachte keine Veränderung in die hervorgebrachten Erscheinungen. Aehnliche Versuche wurden mit der Gerste und dem Roggen angestellt und gaben die nämlichen Resultate.

Aus allem diesem kann man schließen, daß die Temperatur, welche Edwards und Colin als die Wärmegränze angegeben haben, bei welcher sich unsere hauptsächlichsten Cerealien auf keine normale Weise entwickeln können, 18°,23 C betrage, die mittlere Temperatur des Monats Mai im Jahre 1834, was vollkommen mit der von 18 bis 19° C als mittlerer Temperatur übereinstimmt, welche Humboldt den gemäßigten Klimaten, welche für den Anbau unserer Cerealien, den Weizen, den Dinkel, die Gerste, den Hafer und den Roggen am günstigsten sind, angewiesen hat; eine Uebereinstimmung, welche eben so merkwürdig mit der Gränze von 18°,30 ist, welche Boussingault für das Korn und die Gerste in den Cordilleren beobachtet hat.

Man hat vorher gesehen, daß die Wirkung oder vielmehr der Einfluß einer großen Hitze auf die Cerealien darin bestehe, sie in Stängel zu treiben, so daß sie immer krautartig bleiben; dies ereignet sich in den Gegenden von Xalapa, wie es Humboldt beobachtete. Diese krautartige Vegetation ist kräftig und liefert ein herrliches Viehfutter.

Weitere Entwicklungen in Beziehung auf den Einfluß der Wärme in dem Akte der Vegetation würden uns nöthigen, uns in physiologische Ausführlichkeiten einzulassen, welche nicht hierher gehören.

Drittes Kapitel.

Wirkung des Lichts auf die Pflanzen.

Das Licht wirkt als ein Reizmittel auf die Pflanzen entweder dadurch, daß es den Zellgeweben, die

Eigenschaft verleiht, das kohlensaure Gas zu zersetzen, oder daß es die wässerige Ausdünstung durch alle ihre grünen Theile bewirkt und ihren Organen gewisse Bewegungen mittheilt: Seine Wirkung läßt sich bei dem Aufsteigen des Saftes, das bei Tage stärker ist als bei Nacht, so wie bei der Blüthezeit gewisser Pflanzen wahrnehmen. Bei dem Keimen ist sein Einfluß null und oft sogar nachtheilig; es zeigt sich also als chemische und als physische Kraft. Die Untersuchung des Lichts auf die Vegetation gehört also zum Theile in die physiko-chemischen Wissenschaften, obgleich es ganz in das Gebiet der Pflanzenphysiologie gehört. Der Physiker hat sich nur mit den Thatsachen abzugeben, deren Untersuchung sein Mitwirken erheischt. Aus diesem Gesichtspunkte wollen wir diese Aufgabe betrachten.

Man beweist den Einfluß des Lichtes auf das Einsaugen dadurch, daß man drei Pflanzen von derselben Art nimmt, die mit Blättern von gleicher Größe und Stärke versehen sind und daß man jede in ein Gefäß thut; das eine wird ins Dunkel, das andere in das zerstreute und das dritte an das Sonnenlicht gestellt. Die erste Pflanze saugt sehr wenig Wasser, die zweite mehr und die dritte noch mehr ein, wie dies Hall gezeigt hat; er bewies zu gleicher Zeit, daß die lebenden Pflanzen bei Nacht an Gewicht zunehmen, weil sie einsaugen, ohne auszudünsten.

Man schreibt dem Lichte die Bewegung zu, welche zu derselben Stunde gewisse Blätter und gewisse Blüthen zeigen; eine Erscheinung, welche den Schlaf der Pflanzen begründet. Der Einfluß der Sonne ist so, daß weder Feuchtigkeit noch Wärme auf das Phänomen irgend einen Einfluß zu haben scheinen. Dieser Einfluß ist so auffallend, daß die Pflanzen, sobald die Sonne im Horizonte erscheint, die früher gehabte Lage wieder annehmen. Decandolle erhielt ähn-

liche Resultate, als er eingeschlafene Pflanzen dem Lichte von einer hinreichenden Anzahl von Lampen aussetzte, und die Neigungen der Pflanze so änderte, daß er mit künstlichen Lichtern eine Sinnpflanze bei Nacht zum Entfalten bringen und falsche Jalappen veranlassen konnte, ihre Blüthen des Morgens zu öffnen. Alles zweckt also dahin ab, zu beweisen, daß das Licht das einzige Agens ist, das bei dem Schlafe der Pflanzen eintritt.

Das Licht ist das Hauptagens der Färbung der grünen Theile der Pflanzen. Der Versuch beweist, daß die Menge Kohlenstoff, der sich in einer gegebenen Zeit in einer Pflanze fixirt, von der Intensität des Lichtes, dem sie ausgesetzt ist, abhänge; da nun der grüne Theil, welcher die Blätter färbt, reich an Kohlenstoff ist, so folgt daraus, daß je mehr eine Pflanze dem Lichte ausgesetzt ist, sich desto mehr grüne Materie bilde, und daß, je weniger sie erhellt wird, sie desto farbloser ist. Humboldt hat das Lepidum sativum dadurch etwas grün gemacht, daß er es der Helle von zwei Lampen aussetzte; der Versuch wurde mit Erfolg von Decandolle mit sechs Argantschen Lampen wiederholt, die 0m,33 davon entfernt standen; es entwickelte sich aber kein Sauerstoff unter dem Wasser. Die Wurzeln, welche nicht grün werden, selbst wenn sie außerhalb der Erde sind, zeigen uns doch einige Ausnahmen in diesem letzteren Falle.

Der Physiker darf sich nicht darauf beschränken, das Wirkungsvermögen des Lichts zu untersuchen; er muß erforschen, welche Theile der Sonnenstrahlung die so eben erwähnten Erscheinungen hervorbringen; damit wollen wir jetzt sogleich anfangen.

Wirkung des Lichts auf die Pflanzen, um ihnen eine Richtung zu geben.

Das Sonnenlicht, oder wenigstens der Theil seines Strahlens, welcher auf die Pflanzen wirkt, um die wässerige Ausdünstung und die Zersetzung der Kohlensäure hervorzubringen, besitzt auch die Eigenschaft, den Stämmen und den Wurzeln der Pflanzen gewisse Richtungen zu geben. Wir haben einen Beweis davon an der Erscheinung, die schon längst unter dem Namen eines Strebens der Stengel nach dem Lichte bekannt ist, und welche deutlich zeigt, daß gewisse Strahlen eine Wirkung auf die Pflanzen äußern. Diese Erscheinung besteht in Folgendem: Wenn man eine junge Pflanze im Dunkeln wachsen läßt, so nimmt sie die senkrechte Richtung an; bringt man sie aber an einen, bloß auf einer einzigen Seite erhellten Ort, so biegt sich der Stamm nach dieser Seite hin, wie wenn er das zu seiner Entwicklung erforderliche Licht suchte. Mehrere Theorieen sind zu Erklärung dieses Phänomens aufgestellt worden; es steht aber uns nicht zu, sie hier zu erörtern; wir sagen bloß, daß die bis jetzt angestellten Versuche, mit Ausnahme derer, von denen nachher die Rede sein soll, den Theil der Sonnenstrahlung nicht kennen lehren konnten, der bei der Hervorbringung des Phänomens wirkt. Payer hat die Sache aus ihrem rechten Gesichtspunkte ins Auge gefaßt; er wandte dazu farbige Gläser und ein durch einen Heliostaten fixirtes Spektrum an. Wir werden nur von den Resultaten sprechen, die man dadurch erhielt, daß man mit einem ganz reinen Spektrum wirkte, das von der Brechung eines Büschels Sonnenstrahlen durch ein Prisma aus Flintglas hervorgebracht wurde, weil diese allein mit Genauigkeit die Brechbarkeit der wirksamen Strahlen angeben können. Operirt man

mit farbigen Gläsern, so erhält man bloß annäherungsweise die Angabe der Theile des Spektrums, welche auf die dem Versuche ausgesetzten Pflanzen wirken; denn aus den Gründen, die wir in der Abhandlung von dem Einflusse der farbigen Schirme auf die chemische Wirkung des Lichtes anführten, weiß man, daß sie in den physikalischen Versuchen nicht streng angewandt werden dürfen, und daß man über die Brechbarkeit der wirksamen Strahlen, welche durch sie hindurch gehen, zu einem Irrthume verleitet werden könne.

Payer fing diese Thatsache damit zu beweisen an, daß, je größer die Intensität des Lichtes oder wenigstens der Sonnenstrahlen sei, die Krümmung des Stammes desto beträchtlicher sei. Nachdem er sodann 7 bis 8 Stunden lang in das Sonnenspektrum, das man mit allen seinen Strichen erhielt, wie früher gesagt worden war (chemische Wirkung des Lichts), junge Stämme von Kresse, die im Dunkeln gekeimt hatten, gebracht hatte, so sah er, daß nur diejenigen sich krümmten, welche in den brechbarsten Theil des Spektrums vom Blauen bis zum äußersten Violetten d. h. zwischen die Fraunhofferschen Striche F und H gebracht waren.

Nicht alle Theile wirken mit derselben Intensität; es gibt einen Punkt, wo das Maximum der Wirkung liegt. Jenseits von H und F d. h. über das Violette hinaus und in den am wenigsten brechbaren Strahlen findet man keine Wirkung.

Als Payer untersuchte, ob die Sonnenstrahlen eine Wirkung auf die Wurzeln der jungen Pflanzen ausüben, so beobachtete er eine Reihe von Thatsachen, welche zeigen, daß gewisse Wurzeln das Licht zu fliehen suchen. Um einen Beweis dafür zu haben, darf man nur Samen an der Oberfläche des Wassers keimen lassen und die Pflänzchen der Wirkung des Lichtes aussetzen. Während sich die Stämm-

chen nach der hellsten Seite hinneigen, krümmen sich die Wurzeln nach der entgegengesetzten Richtung.

Während sich aber alle junge Stämme nach dem hellsten Theile eines Zimmers hinneigen, krümmen sich nicht alle junge Wurzeln. So sieht man an den Wurzeln des rothen Kohls und des weißen Senfs dieses Phänomen zum Vorschein kommen, während die der Gartenkresse es durchaus nicht zeigen, mögen auch die Strahlen sein, welche sie wollen. Es gibt Pflanzen, deren Wurzeln das direkte und zerstreute Sonnenlicht, andere bloß die Sonnenstrahlen fliehen; wieder andere krümmen sich nicht, das Licht mag sein, welches es wolle; was eben so viel heißt, daß sich das Phänomen in sehr verschiedenen Graden an den mannigfaltigen Pflanzen zeigt. Als Payer mit dem fixirten Spektrum wie vorhin operirte, so sah er auch, daß sich die Wurzeln nur zwischen den Brechbarkeiten F und H krümmten. (S. die Figur des Spektrums Taf. VIII. Fig. 1). Er fand, daß der Punkt, wo sich die Wurzeln am meisten krümmen, auch derjenige ist, wo sich die Stämme am meisten neigen, d. h. daß das Maximum der Wirkung für die Wurzeln und die Stämme einer und derselben Pflanze dasselbe ist. Die Lage der Maxima ändert sich aber von einer Pflanze zur andern. Wenn man es so einrichtet, daß nur der Stamm einer Pflanze der Wirkung des Lichts unterworfen wird, so krümmt sich bloß dieser und die Wurzel bleibt gerade. Dies beweist, daß die Krümmung der Wurzeln in umgekehrter Richtung keine Folge von der Krümmung des Stammes ist. Sollte diese Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Stämme und die Wurzeln keinen Einfluß auf das Streben der Stämme gegen den Himmel und der Wurzeln gegen die Erde ausüben? Man hat behauptet, daß die Stämme gewisser Pflanzen sich unter den rothen Strahlen krümmen oder dieselben fliehen und daß es

nach der Dicke der Stämme keine Wirkung in den am wenigsten brechbaren Theilen des Spektrums gebe; die Thatsachen sind aber noch nicht recht ausgemacht. Wahrscheinlich liegt die Ursache aller dieser Krümmungen in einer Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Gewebe der Pflanzen. Vielleicht rührt sie von einer bis jetzt noch unbekannten chemischen Wirkung her.

Viertes Kapitel.

Wirkung der Elektricität auf die Vegetation.

Die Elektricität gibt wegen ihrer besondern Wirkungsweise in einer großen Anzahl von Fällen, sei es, daß man sie als mechanische, chemische, warmmachende oder Phosphoreszenz erzeugende Kraft betrachtet, so vielen Stoff zu Täuschungen, daß man sie bei einer großen Menge von Erscheinungen der organischen Natur auftreten läßt; die meisten aber, welche sie eine thätige Rolle spielen lassen wollen, haben nur sehr oberflächliche Kenntnisse von der Wirkungsweise dieses sonderbaren Agens, das man für einen ächten Proteus halten kann, weil er für sich allein alle Kräfte ersetzen kann, welche die unorganische Natur regieren. Eine aufmerksame Untersuchung aller seiner Eigenschaften zeigt, daß eine solche Abhängigkeit unter allen Kräften der Natur stattfinde, daß es gar wohl möglich wäre, daß sie nur von einem einzigen Principe abhängen; dies ist aber nicht die rechte Zeit, diese Frage zu erörtern.

Wir wollen uns jetzt mit der Wirkung der Elektricität auf die Pflanzen beschäftigen. Wir werden es nicht versuchen, zu erforschen, ob die Elektricität Gewebe, Organe hervorbringen könne, wohl aber,

welches die Modifikationen seien, denen sie dieselbe unterwirft, wenn sie als chemische Kraft, um die Wirkung der Lebenskräfte zu begünstigen oder zu hemmen, oder als physische Kraft wirkt, um eben diese Theile zu erregen, indem sie Contraktionen oder eine Beschleunigung in der Cirkulation der Flüssigkeiten hervorbringt. Dies ist das einzige Mittel, Verhältnisse zwischen den elektrischen Kräften und den Lebenskräften aufzustellen, deren Natur uns unbekannt ist. Fangen wir mit den physischen Erscheinungen an.

Die organischen Körper sind nur wegen der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten leitend. Gewisse Organe oder Gewebe besitzen wahrscheinlich unter der Herrschaft des Lebens besondere leitende Eigenschaften, wie die Nerven bei den Thieren; bei den Pflanzen weiß man nicht, welche Organe.

Die Pflanzen sind durch die Wirkung der Elektricität nicht so erregbar, wie die Thiere; indessen erhalten sie doch durch dieses Agens einen Eindruck, denn die Versuche des Giulio von Turin beweisen, daß die Muskeln der Blätter der Mimosa sensitiva und ihrer Nebenblättchen durch die Wirkung des elektrischen Stromes erregbar sind. Die Mimosa pudica gab ähnliche Resultate.

Der Strom, welcher durch die Aeste und die Blätter geht, bringt langsame auf einander folgende und durch beträchtliche Zwischenräume getrennte Zusammenziehungen hervor, was bei den Thieren nicht der Fall ist, deren Muskeln eine größere Erregbarkeit besitzen.

Bei den Pflanzen, wo die Erregbarkeit nicht so deutlich wie in der Mimosa pudica ist, wie z. B. bei der Mimosa asparata ist die Reizbarkeit ihrer Knoten, ihrer Blätter, ihrer Nebenblättchen weit geringer, als bei den beiden andern Arten, und es bedarf zu Erzeugung der Contraktionen einer längern Zeit.

Das Hedysarum girans, so wie andere Pflanzen, welche wegen der Bewegungen ihrer Nebenblättchen merkwürdig sind, erleiden von dem Strome keine Wirkung. Wenn aber auch die Elektricität nur sehr schwach als mechanische Kraft auf die Pflanzen wirkt, so verhält es sich doch ganz anders mit ihrer Wirkung als chemische Kraft; sie bringt in denselben Reaktionen hervor, welche auf irgend eine Weise in den Lebenserscheinungen auftreten können. Bevor wir aber davon sprechen, wollen wir die wahrscheinliche Existenz der elektrischen Ströme in den Pflanzen zeigen.

Von den Ursachen, welche in den Pflanzen elektrische Ströme hervorbringen können.

Zwei verschiedene Flüssigkeiten, die auf einander reagiren und durch einen metallischen oder nicht metallischen Leiter mit einander in Verbindung stehen, bewirken die Erzeugung eines elektrischen Stroms, der so lange cirkulirt als die Reaktion dauert. Nun gibt es in den Pflanzen, wie in allen organisirten Körpern eine mehr oder minder große Anzahl von Flüssigkeiten, die durch Gewebe oder andere Organe getrennt sind, wovon die einen die Reaktion in Folge der Erscheinungen der Endosmose gestatten und die andern die Verbindung zwischen den Flüssigkeiten begründen. Um die Möglichkeit einer solchen Anordnung zu beweisen, führen wir die Säule des Bacomio an, die aus Schnitten der Runkelrübenwurzel besteht, welche mit Scheiben von Nußbaumholz im Contakte stehen, das seines harzigen Stoffes beraubt ist, und deren beide äußerste Enden vermittelst der Blätter des Löffelkrautes mit den Muskeln und den Nerven eines frisch zubereiteten Frosches in Berührung gesetzt wurden, der sich sogleich zusammenzog. Diese Säule, bei welcher nur vegetabilische Stoffe vor-

kommen, läßt uns sehen, wie es möglich sei, daß elektrische Ströme in dem Inneren der organischen Körper cirkuliren. Man kann das Dasein heterogener Flüssigkeiten nachweisen und Ströme in dem Obste, unter andern in den Birnen, Aepfeln u. s. w. dadurch darthun, daß man zwei Platinnadeln, die mit einem Multiplikator in Verbindung stehen, die eine am Kopfe, die andere am Stiele hineinsteckt; bei der Birn erhält man, wenn sie nicht ihren Grad der Reife erreicht hat, einen Strom, der eine solche Richtung hat, daß sich die Flüssigkeit des Stiels wie das Alkali und die des Auges wie eine Säure verhält. Donné behauptet, daß bei dem Pfirsiche und der Pflaume umgekehrte Erscheinungen stattfinden, und daß es keinen Strom gebe, wenn man die Leiter in gleicher Entfernung von der Mitte der Frucht hineinbringe. Um die Ursache dieser Erscheinungen deutlich einzusehen, darf man nur senkrecht mit der Linie, welche das Auge und den Stiel verbindet, die Frucht, mit welcher man operirte, entzwei schneiden, den Saft eines jeden Theils in ein Gefäß ausdrücken, die beiden Gefäße durch einen Streifen Papier verbinden, und die beiden Dråhte in die Flüssigkeit tauchen; man erhält einen Strom in derselben Richtung, wie mit der Frucht.

Ein ausgezeichneter Physiolog, der diese Versuche wiederholte, behauptete, daß diese Thatsachen nicht genau seien, weil, wenn man die Nadeln mehr oder weniger in die Frucht hineinstecke, der Strom seine Richtung ändere. Wir bemerken ihm dagegen, daß er sich vor gewissen Ursachen, die wir sogleich angeben wollen, nicht gehörig in Acht nahm. Wenn man elektrochemische Ströme beobachtet, so muß man jede Ursache zu einer Elektricitätsentwicklung außer der beabsichtigten vermeiden. Wenn die Nadeln keine sehr reine Oberfläche haben, wenn sich oben und unten Körperchen von verschiedener Natur befinden, so

ist dies schon hinreichend, zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung hervorzubringen. Erhitzt man die Nadeln in der Flamme einer Weingeistlampe, um die fremdartigen Körper wegzuschaffen, so macht man einen Niederschlag von Erzeugnissen, die von der Verbrennung herrühren, und welche abermals eine Störung in die Resultate bringen. Man kann sich von der vollkommenen Reinheit der Nadeln nur dadurch überzeugen, daß man sie mit destillirtem Wasser probirt und mit dem Versuche erst dann anfängt, wenn sich in Folge fremder Ursachen kein Strom mehr erzeugt. Wer nur die elektrischen Ströme kennen lernen will, muß alle Ursachen, welche Elektricität entwickeln, gründlich studirt haben, denn sonst setzt er sich der Gefahr aus, durch hervorgebrachte sekundäre Erscheinungen zu einem Irrthum verleitet zu werden.

Von dem Einflusse der Elektricität auf die Vegetation.

Wir haben die Elektricität in dem freien Zustande und in dem Zustande eines Stroms zu betrachten.

Alle bis jetzt angestellten Versuche, um den Einfluß der freien Elektricität bei dem Keimen oder der Vegetation zu erkennen, sind aus dem ganz einfachen Grunde ohne Erfolg geblieben, weil sich die Experimentatoren darauf beschränkten, die Samenkörner, oder wenigstens die Erde, welche dieselben enthielt, sowie die Pflanzen zu elektrisiren; eine Elektrisirweise, welche nur eine leichte Erregung hervorbringen konnte. Es ist also überflüssig, alle die fruchtlosen Versuche anzuführen, welche angestellt wurden. Anders verhält es sich aber mit der Elektricität, welche als chemische Kraft wirkt. Um sich aber das, was sich ereignet, erklären zu können, muß

man sich an das halten, was wir über die Wirkung der Ströme auf die unmittelbaren Bestandtheile gesagt haben; da es uns unmöglich ist, alle physiologische, in den verschiedenen Phasen der Vegetation hervorgebrachte Erscheinungen zu beschreiben, so werden wir uns bloß an das Keimen halten, indem wir die Samenkörner der Wirkung energischer oder schwacher Ströme aussetzen.

Davy hat zuerst die Wirkung der Volta'schen Elektricität mit starker Spannung auf das Keimen untersucht. Er hat behauptet, daß das Korn schneller in dem positiv elektrisirten Wasser keime, als in dem negativ elektrisirten; dieses Resultat hängt davon ab, daß das Samenkorn beständig von einer Atmosphäre von Sauerstoff ohne Säure umgeben sei. Hätte er seinen Versuch fortgesetzt, so hätte er entgegengesetzte Erscheinungen erhalten. Folgende Versuche lassen in dieser Hinsicht keinen Zweifel übrig.

Erster Versuch. Es wurden Samenkörner von Gartenkresse in zwei silberne Kapseln mit destillirtem Wasser gethan, die durch einen baumwollenen Docht mit einander in Verbindung standen und mit den Enden eines Trogapparates von 30 Paaren, der mit einer schwachen Lösung Kochsalz, die mit Schwefelsäure etwas gesäuert wurde, in Relation gesetzt waren. Das Keimen fand in der negativen Kapsel Statt, wo die jungen Pflanzen innerhalb 14 Tagen einen Centimeter hoch wuchsen; in der andern Kapsel wurden die Samenkörner violett; ein Beweis, daß sich salpetersaures Silber und demnach Salpetersäure gebildet hatte.

Zweiter Versuch. Als man mit zwei Kapseln von Gold oder Platin operirte, die durch eine Kapsel von Porzellan getrennt waren, in welcher sich gleichfalls Samenkörner und Seinewasser befanden, so zeigten sich in der negativen Kapsel das Keimen und die Vegetation merklich so, wie in der porzellanen

Kapsel, während auf der andern Seite das Keimen langsam und die Vegetation großen Theils ärmlich war. Das Wasser der positiven Kapsel gab die Reaktion der Schwefelsäure; das der negativen Kapsel die des Kalkes. Als man die Communikation mit der Säule unterbrach, so wie man bemerkte, daß das Keimen zum Theile auf der positiven Seite aufgehoben sei, so ging die Entwicklung der jungen Pflanze in der negativen Kapsel beständig vor sich, während die Vegetation in der andern langsam und aufgehoben blieb. Aus diesen beiden Versuchen sieht man, daß die Wirkung der Säule nachtheilig ist, und daß Davy ihre Wirkung nur zu kurze Zeit fortsetzte, um dieselbe zu bemerken.

Die Ströme, welche von der Elektricität mit schwacher Spannung herrühren, bringen nicht eben so schnell schädliche Wirkungen hervor und können sogar in einer großen Anzahl von Fällen in einem für die Vegetation günstigen Sinne wirken. Um einen Begriff von dem zu bekommen, was vorgeht, wollen wir zuerst sehen, wie sich die stärkemehlartigen Stoffe und das Gummi, welche in den Samenkörnern in Menge vorkommen, verhalten, wenn man sie der Wirkung eines einzigen Paares Kupfer und Zink, das mit der Kupferfläche oben in destillirtes Wasser taucht, unterwirft; man legt auf das Kupfer einen Streifen Fließpapier, auf welchen man Stärkemehl streut; 12 Stunden nachher wird das von einer Säure schwach geröthete Lakmuspapier wieder blau gefärbt, wenn man es mit dem Stärkemehl in Berührung bringt; das freigewordene Alkali ist Natron. In diesem Falle erleidet das Stärkemehl im Contakte mit der Luft Veränderungen, welche augenblicklich seinen Elementen die ihnen eigenthümlichen elektrischen Zustände wieder geben. Nun gehorchen diese Elemente der Volta'schen Wirkung.

Mit Gummiwasser erhält man gleichfalls in Zeit

von 12 Stunden die alkalinische Reaktion, obgleich das Gummi fast keine Veränderung an der Luft erleidet. Opium, wie es im Handel vorkommt, das, wie man weiß, das Lakmuspapier röthet, welches zu Erzeugung einer Gährung auf die Kupferfläche mit einer kleinen Menge Zucker gelegt wurde, gibt gleichfalls die alkalinische Reaktion. Diese Thatsachen beweisen, daß ein einziges Volta'sches Paar auf die vegetabilischen Substanzen reagire, um ihre Elemente zu trennen, besonders wenn sich diese Substanzen in einem Zustande der Gährung oder der Zersetzung befinden, welcher auf einen Augenblick ihren Molekülen ihre eigenthümliche elektrische Eigenschaften wieder gibt. Diese Wirkungsweise enthüllt das Geheimniß über den Einfluß, welchen die schwachen elektrischen Ströme, die von einer Elektricität mit schwacher Spannung herrühren, auf das Keimen und die anderen Akte der Vegetation ausüben können.

Die dem Versuche unterworfenen Samenkörner, welche unter ihrer Hülle eine stärkemehlartige Materie enthalten, die sich nach und nach zur Nahrung des Embryo in Zucker verwandelt, müssen von Seiten schwacher Ströme Wirkungen erleiden, die denen des Gummi und des Zuckers ähnlich sind, und welche die Vegetation modificiren müssen. Die folgenden Versuche zeigen uns, wie die Elektricität in diesem Falle auf das Keimen wirke.

Erster Versuch. Man bringt in zwei Untertassen zwei Volta'sche Paare; in der einen ist das Kupfer, in der andern das Zink oben; man legt Baumwolle und Samenkörner von Gartenkresse mit einer Menge Wasser darüber, welche hinreichend ist, um die Baumwolle zu befeuchten. Auf gleiche Weise richtet man in einer andern Kapsel eine Glasplatte her, um einen Vergleichungspunkt zu erhalten. Zwei oder drei Tage nachher erscheinen die Würzelchen zu gleicher

Zeit auf den drei Apparaten. Die Vegetation fährt nicht auf dieselbe Weise auf jedem derselben fort; sie ist auf der Kupferfläche stärker, als auf dem Glase, während sich auf der Zinkfläche die Würzelchen verdrehen, nach und nach vertrocknen und die Stämmchen nicht mehr wachsen. Mit den gewöhnlichen Erbsen (pisum sativum) beobachtet man ähnliche Erscheinungen, welche sich leicht mit einem Streifen Lakmuspapier analysiren lassen, der durch eine Säure schwach geröthet ist, und welcher wieder blau wird, wenn man ihn mit der negativen Fläche in Berührung bringt. Mit Wasser aus der Seine, oder das eine geringe Menge Salze enthält, sind die Erscheinungen auffallender.

Um zu sehen, ob das Alkali nicht von dem Glase geliefert werde, operirte man mit Gefäßen von Gold oder Platin, und die Samenkörner wurden frei auf die Kupferfläche gelegt; die Erscheinungen waren die nämlichen. Das Alkali rührte also von der stärkemehlhaltigen Materie her. Begreiflicher ist das Wegschaffen des Alkali in dem Keimen, welches rasch vor sich geht, als in der langsamen Zersetzung des Stärkemehls an der Luft.

Man sieht also, daß unter dem Einflusse schwacher, elektrischer Kräfte die Wirkung des negativen Poles die Ernährung fördert und die des positiven Poles dieselbe verringert, bis sie ganz aufhört. Obgleich man nicht genau angeben kann, worin die Wirkung des positiven Poles bestehe, so sieht man doch allgemeine Erscheinungen über das Entstehen, über welche man nicht im Irrthume sein kann.

Da bei dem Keimen die Elemente des Samenkorns unaufhörlich Veränderungen erleiden, so befinden sie sich nothwendig in elektrischen Zuständen, welche von der Rolle abhängen, die jedes derselben bei der Reaktion spielt, und gehorchen demnach weit besser der Wirkung des Stromes.

Daraus geht hervor, daß man bei dem Keimen und sogar bei andern Akten der Vegetation die Wirkung eines einzigen Paares mit Vortheil anwenden könne. Es ist sehr begreiflich, daß, da die im Wasser aufgelösten Substanzen gleichfalls durch die Volta'sche Wirkung zersetzt werden, ihre Elemente auf die Pflanzen reagiren müssen.

Anstatt wie vorhin volle Paare Kupferzink anzuwenden, nimmt man viereckige Paare, welche hier und da auf beiden Seiten Löcher von 4 bis 5 Millimetern haben, und die man mit baumwollenen Stöpseln verstopfte. Die Ränder dieser Paare sind von verkitteten Glasplatten umgeben. Man bringt diese Paare an dem oberen Theile eines mit Wasser angefüllten Gefäßes an. Vermittelst dieser Einrichtung werden die Ströme von allen Seiten von einer Oberfläche zur andern vermittelst der Baumwolle fortgepflanzt, was die Volta'sche Wirkung fördert. Man kann ferner die viereckigen Paare durch Kisten ersetzen, die aus durchlöcherten Paaren bestehen, wenn man mit Pflanzen von einer gewissen Größe operiren will. Es ist zu bedauren, daß Personen, die sich mit der Pflanzenphysiologie abgeben, keinen Gebrauch von diesen Apparaten machen, welche sie über mehrere Hauptpunkte aufklären könnten.

Die Wirkung des negativen Poles ist bei dem Geschäfte des Keimens eben so deutlich auf die Zwiebel der Hyacinthe und anderer, wie auf die Samenkörner. Die Experimentirweise ist beinahe dieselbe. Die heilsamen Wirkungen werden von dem Alkali hervorgebracht, das auf die Wurzeln geschafft wird und die Vegetation beschleunigt; die Menge darf aber nicht zu beträchtlich sein, denn sonst würden die Wurzeln zerstört werden. Man wußte schon lange, daß die von Mineralwassern, welche kohlensaures Natron enthalten, befeuchteten Erdarten fruchtbarer, als die benachbarten Erdarten sind, welche nicht

mit denselben Wassern begossen werden. Eine ähnliche Beobachtung ist auch in Beziehung auf die Erdarten angestellt worden, welche sich in der Nähe von Seifefabriken befinden, wo man eine große Menge alkalinischer Flüssigkeiten wegschüttet. Das Alkali befördert nicht bloß die Vegetation dadurch, daß es die Schwämmchen, die sich an den Enden der Würzelchen befinden, reizt, sondern auch dadurch, daß es den Pflanzen ein constituirendes Element liefert; denn äschert man diese ein, so findet man das absorbirte Natron wieder.

Die Säuren hingegen bringen, wie Jedermann weiß, eine entgegengesetzte Wirkung hervor, denn die Vegetation ist schwach, schmachtend oder ganz vernichtet in der Nähe von Säurefabriken; auch findet man an dem positiven Pole ähnliche Erscheinungen.

Versuche in Beziehung auf den Volta'schen Einfluß auf das Keimen sind nicht bloß in Wasser mit Baumwolle, sondern auch mit hinlänglich angefeuchteter Erde angestellt worden; die Resultate waren in beiden Fällen dieselben. Wir wollen in dieser Beziehung einige Beobachtungen über die Verrichtungen des Bodens bei der Vegation anstellen.

Der Boden wirkt auf die Vegetation nicht bloß in mechanischer Beziehung, sondern auch wegen der Elemente, welche er den Pflanzen liefern kann. Die meisten Samenkörner keimen im Wasser, aber die jungen Pflanzen kommen aus Mangel einer Stütze, wenn sie gehörig entwickelt sind, so daß sie nicht mehr auf der Oberfläche schwimmen können, schnell um. Der Boden dient also den Pflänzchen zur Stütze, während er zu gleicher Zeit den Würzelchen durch Vermittlung des in ihm enthaltenen Wassers die zur Ernährung erforderlichen Nahrungsmittel langsam liefert. Die Wirkungen müssen nach der Natur des Bodens, d. h. je nachdem er kieselhaltig, thonhaltig, kalkhaltig, leicht oder compakt ist, verschieden sein. Ist er zu

sandig, so hält er das Wasser nicht; ist er zu thonig, so behält er es zu lange; ist er endlich zu kalkig, so löst das Wasser, womit er getränkt ist, kohlensauren Kalk auf, den es beim Verdunsten auf der Oberfläche und in dem Inneren der Pflanze absetzt, woraus für diese natheilige Wirkungen entstehen.

Mag auch der Boden sein, welcher er will, so ist das Wasser für die Vegetation unerläßlich, weil es zu Entwicklung der physischen, chemischen und physiologischen Kräfte dient, deren Wirkung sich zuerst in den Würzelchen kund gibt. Wir enthalten uns, von den Samen zu sprechen, die in dem oder dem Boden gut fortkommen, weil diese Frage uns nichts angeht, indem wir es bloß mit dem Einflusse der physischen Kräfte zu thun haben.

Die aufmerksame Untersuchung, der wir uns in Beziehung auf die Dazwischenkunft der Elektricität in dem Akte der Vegetation gewidmet haben, beweist, daß sie dadurch wirkt, daß sie den Wurzeln Elemente liefert, welche der Vegetation nützlich oder schädlich sind, und daß wir von der Art ihres **Wirkens** in der Natur schlechterdings nichts wissen; es sind nur Vermuthungen und nichts weiter. Wir schließen dieses Kapitel mit der Ansicht Decandolle's, die wir bis auf einen gewissen Punkt hin theilen: „Diejenigen, welche zu behaupten suchten, daß das elektrische Fluidum sowohl bei den Thieren, als auch bei den Pflanzen das Agens des Lebens sei, scheinen mir noch weit davon entfernt zu sein, die allgemeine Ansicht von dem Lebensprincipe erschüttert zu haben. Auf der einen Seite stützen sich die meisten auf schwankende und allgemeine Angaben, welche sich fast gänzlich auf keine Beweise stützen, wie man sich in ihren Werken davon überzeugen kann. Wenn man auch auf der andern Seite annimmt, daß das elektrische Fluidum eine bestimmbare Wirkung habe, was setzt diese ins Spiel? Warum wirkt es bei den lebenden

Wesen, und warum hört es auf, bei den todten Wesen zu wirken?" Auf diese letzte Frage antworten wir, daß die Ursache, welche diese Wirkung ins Spiel bringt, das Lebensprincip ist, das, indem es chemische Zersetzungen bewirkt, Elektricität erzeugen muß. Wenn übrigens bei der Vegetation nichts den Einfluß der Elektricität bezeichnet, so verhält es sich doch nicht so in Beziehung auf das animalische Leben, wo man einige Spuren von der Dazwischenkunft der Elektricität in den Lebenserscheinungen hat.

Fünftes Kapitel.

Von der Dazwischenkunft der physischen Kräfte in den Lebenserscheinungen bei den Thieren.

Das Studium der Kräfte, nach welchen sich die Lebenserscheinungen bei den Thieren richten, so wie das der physischen und chemischen Kräfte, welche auf diese Erscheinungen einen Einfluß ausüben, muß die Aufmerksamkeit des Physiologen, mag er nun ihre Gesetze auffinden oder sie auf die Heilkunde anwenden wollen, im höchsten Grade auf sich ziehen. Wendet die organische Natur andere Kräfte an, als die, nach welchen sich die Materie richtet? Dies ist eine Frage, deren Lösung die größten Schwierigkeiten darbietet, denn alles, was vom Leben abhängt, ist in Geheimniß gehüllt. Wenn aber die lebenden organischen Körper von Kräften sui generis regiert werden, so muß man eingestehen, daß die physischen und chemischen Kräfte mit den organischen Kräften zu Hervorbringung der mannigfaltigen Erscheinungen, welche die Akte des Lebens begleiten, nicht mitwirken. Außer den Verwandtschaften, der Wärme, dem Lichte und der Elektricität, deren Dazwischenkunft sich überall zeigt, wo Materie ist, muß man eine besondere Kraft

unterscheiden, welche Berzelius katalytisch nannte, und welche wahrscheinlich bei Bildung der Secretionen thätig ist. Da wir in diesem Werke bereits der Wirkungen dieser Kraft in Bildung mehrerer unorganischer Zusammensetzungen erwähnt haben, so glauben wir, etwas ausführlicher über die Rolle sein zu müssen, welche sie bei Bildung der Secretionen spielen kann.

Wenn man die verschiedenen Produkte der Verdauung bei den Thieren betrachtet, so findet man, daß unter sich sehr verschiedenen Zusammensetzungen durch die Verrichtungen der Organe aus einer und derselben Substanz gewonnen werden. So erzeugt das Blut, das ohne Unterbrechung mehrere Systeme von Gefäßen durchläuft, die Milch, die Galle, den Urin, ohne daß man das Dasein irgend eines Körpers angeben kann, der zu Bildung dieser Produkte beiträgt. In diesem Falle sagt man, daß diese Organe das Blut verarbeiten oder vielmehr vermöge der Kräfte, die ihnen eigen sind, und die zu den physischen oder chemischen Kräften in keinem Bezuge stehen, Zusammensetzungen aus demselben ziehen. Ohne aber diese auszuschließen, muß man untersuchen, wie weit die katalytische Kraft in allen diesen Verarbeitungen eintreten könne. Wir wollen einige Beispiele anführen.

Das in verdünnten Säuren mit Hülfe der Wärme aufgelöste Stärkemehl verwandelt sich in Gummi und in Traubenzucker, ohne daß eine Verbindung zwischen den Elementen der Säure und denen des Stärkemehls stattfindet, denn man gewinnt mit Hülfe der Basen die ganze Säure aus der Auflösung und Zucker, dessen Gewicht von dem des Stärkemehls sehr verschieden ist.

Die Zersetzung des oxydirten Wassers durch die Alkalien, das Mangansuperoxyd, den Platinaschwamm, das Silber, das Goldpulver u. s. w. zeigt uns ein

dem vorhergehenden analoges Beispiel, weil alle diese Körper die Zersetzung wie die Säure in Beziehung auf das Stärkemehl bewerkstelligen, ohne irgend eines ihrer Elemente abzutreten. Die merkwürdigen Erscheinungen, welche von E. Davy und Dobereiner entdeckt wurden, sind von derselben Art. Als der erste sehr fein zertheiltes Platin mit Alkohol anfeuchtete, so sah er, daß das Platin glühend wurde, und daß sich der Alkohol in Essigsäure verwandelte. Der zweite zeigte, daß der Platinaschwamm dazu dienen könne, die Verbindung des Sauerstoffs und Wasserstoffs zu bewerkstelligen, eine Eigenschaft. welche viele andere Körper auch besitzen. Alle diese Thatsachen beweisen, daß einfache oder zusammengesetzte, lösliche oder unlösliche Körper die Eigenschaft besitzen, auf gewisse Körper eine Wirkung auszuüben, welche von der chemischen Wirkung ganz verschieden ist, weil ihre Gegenwart allein hinreicht, zwischen den Elementen der letztern Zersetzungs- und Wiederzusammensetzungsphänomene zu bewirken. Die wirkende Kraft, welche der organischen und unorganischen Natur gemein ist, könnte gar wohl eine von denen sein, welche Erscheinungen hervorbringt, welche die Physiologen auf die Wirkung der Lebenskräfte beziehen. Unter andern meint Berzelius, daß diese Kraft von den elektro-chemischen Verwandtschaften nicht unabhängig sei; man muß aber gestehen, daß man die direkten Beziehungen, in denen sie mit jenen stehen kann, nicht kennt. Mit Hülfe der katalytischen Kraft der Diastase wird das unlösliche Stärkemehl in Zucker und in Gummi verwandelt. Wahrscheinlich werden auch durch ihre Dazwischenkunft die Milch, die Galle u. s. w. aus dem Blute gezogen. In Beziehung auf die von der Lebensthätigkeit ins Spiel gesetzten Kräfte können wir nichts mehr sagen.

Es gehört nicht in unsern Plan, von der Wir-

kung der physischen Kräfte zu Modificirung der Lebenserscheinungen zu handeln; dieser Gegenstand würde ein zu großes Feld umfassen. Wir wollen uns hauptsächlich an die Kräfte halten, wodurch man Contraktionen bewerkstelligt, um zu zeigen, wie weit die unter der Herrschaft des Lebens hervorgebrachten Contraktionen von den Kräften, die wir zu ihrer Hervorbringung angewandt haben, abhängen oder nicht.

Die Muskeln lebender Thiere ziehen sich nicht bloß durch den Akt des Willens, sondern auch durch die Wirkung des Reibens, der Säuren und anderer chemischer Agentien und vorzüglich der Elektricität zusammen; eben so verhält es sich auch in Beziehung auf frisch getödtete Thiere. Man legt eine Wichtigkeit auf die Wirkungen der Elektricität, weil man sich seit der Entdeckung des Galvanismus eingebildet hat, daß diese Kraft das allgemeine Agens sei, nach welchem sich die Lebenserscheinungen richten. Das Nachfolgende wird angeben, wie weit diese Ansicht begründet war.

Um die Rolle gehörig zu beurtheilen, welche die Elektricität bei den Contraktionen lebender oder frisch getödteter Thiere, so wie in einigen physiologischen Erscheinungen spielt, muß man untersuchen, wie die andern Kräfte zu Erzeugung ähnlicher Erscheinungen beitragen und sich in Erörterungen einlassen, die zwar nicht in den Rahmen einer allgemeinen Physik passen, die aber dennoch zum Verständnisse des von uns abzuhandelnden Gegenstandes unerläßlich sind. Wenn wir einzeln jede der Ursachen untersuchen, welche Contraktionen bewirken, so wollen wir zu entdecken suchen, ob es in ihrer Wirkungsweise kein gemeinschaftliches Band gebe, das uns in den Erscheinungen des Lebensaktes aufklären könnte.

Die Thiere haben erregbare, empfindliche Theile und solche, welche dieser Fähigkeiten beraubt sind. Haller entblößte bei seinen Forschungen diese Theile

und wandte bei denselben das Scalpel, die Säuren oder andere chemische Agentien an, um die Eigenschaft eines jeden dieser verschiedenen Theile kennen zu lernen. Er sah alsdann die Theile, welche in Bewegung gesetzt waren, und die, welche ein Gefühl des Schmerzens empfanden. Wenn man einen Nerven oder eine seiner Verästungen in einem Muskel reizt, so entsteht daraus eine rasche und schnelle Bewegung, welche jedoch nicht die Energie des Gehirns hat, wenn dieses die Muskeln eines Thieres sich zusammenzuziehen nöthigt. Bei diesem letztern steht auch wirklich die muskuläre Contraktionskraft in einem zusammengesetzten Verhältnisse mit der Organisationskraft der Gewebe und der Erregungskraft des Gehirns. Verfolgt man diese Forschungsweise, so findet man, daß die Muskelfaser so wie die wesentlichen Muskeln des Lebens außerordentlich empfindlich und zusammenziehbar sind, während die Lunge und die Leber nur eine sehr schwache Empfindung haben.

Das Blut scheint für die Reizbarkeit der Muskeln unentbehrlich zu sein, weil die Contraktionen bei den warmblütigen Thieren aufhören, wenn es geronnen ist; bei den kaltblütigen Thieren hingegen kann man 24 Stunden nach dem Tode noch Contraktionen erhalten. Da sich überdies kein Blut zeigt, während jene stattfinden, so muß man diese Erscheinung der augenblicklichen Störung der Gleichgewichtslage der constituirenden Theile der Muskeln zuschreiben. Nichts ist einfacher zu beweisen, daß der Nerve der wesentliche Theil sei, von welchem die Contraktion abhängt: zu diesem Ende darf man nur nach einander den Nerven und den entsprechenden Muskel reizen, sich jedoch dabei hüten, keine von den Hauptverzweigungen dieses Nervens zu berühren.

Man muß die eigentliche Contraktion von der

Wirkung unterscheiden, welche die Muskelfaser erleidet, wenn sie in Wasser gethan wird, dessen Temperatur man bis zur Siedhitze erhöht. Die Faser wird kraus und nimmt einen besondern Verdichtungszustand an. Es findet also ein wesentlicher Unterschied zwischen dem eigentlichen Zusammenziehen und den Contraktionen Statt. Im ersten Falle ist es ein Verrücken ohne daß die Theile in ihre frühere Lage zurückkehren; im zweiten ist es ein augenblickliches Verrücken und die Theile kehren nach Schwingungen in ihre frühere Lage zurück. Wenn ein entsprechender Nerve zu stark und zu lang gereizt wurde, so hört er auf, sich zusammenzuziehen. Wird der Nerve durchschnitten und reizt man ihn unter dem Schnitte, so hat das Thier keine Empfindung, aber der Muskel zieht sich sogleich zusammen. Reizt man über demselben, so tritt eine umgekehrte Wirkung ein, aus welcher man leicht zu begreifende Schlüsse ableitet.

Wenn man den Armnerven eines Hundes unterbindet, so gibt das Thier, so lange das Verbinden dauert, Zeichen eines heftigen Schmerzens von sich; bald darauf wird aber Alles unter dem Verbande unempfindlich; der Stamm sogar des gereizten Nerven verursacht dem Thiere keinen Schmerz mehr; das Zusammenschnüren hindert die Ursache, welche die Contraktion bewirkt, sich auf ihrem Wege fortzupflanzen; nimmt man den Verband ab, so kehrt Alles wieder in seine vorige Ordnung zurück. Durchschneidet man die Nerven der beiden Hinterfüße eines Frosches, so verlieren sie die Empfindung und die willkürliche Bewegung; die Muskeln behalten aber ihre Erregbarkeit. Die Ursache der Contraktion unter der Herrschaft des Willens wird also durch die Nerven fortgepflanzt.

Das Reizen der Nerven bringt immer eine Bewegung nur in dem entsprechenden Muskel hervor;

die Nerven versehen den Dienst eines Leiters, ohne irgend eine scheinbare Schwingung zu erleiden. Diese vom Gehirne herrührende Wirkung besteht darin, an die Muskeln eine geheime und unsichtbare Kraft gelangen zu lassen, welche sie in Contraktion versetzt. Kann diese Wirkung das Resultat von dem Durchgange eines imponderablen, dem Gehirne entströmenden Fluidums sein? Dies zu untersuchen werden wir bald Gelegenheit finden. Die so eben gegebenen allgemeinen Betrachtungen waren nothwendig, um sich die physiologischen Erscheinungen der als eine mechanische Kraft wirkenden Elektricität erklären zu können.

Die physiologischen Erscheinungen der Elektricität können in drei Klassen eingetheilt werden: die erste begreift die allgemeinen Erscheinungen, welche bei dem Uebergange der Elektricität mit starker Spannung in die Körper hervorgebracht werden; die zweite die so mannigfaltigen und so interessanten Erscheinungen der Contraktionen, die dritte die chemischen Veränderungen, welche von der als chemische Kraft wirkenden Elektricität hervorgebracht werden.

Physiologische Wirkung der Elektricität mit starker Spannung.

Man hatte behauptet, daß die Elektricität die Pulsschläge beschleunige; aber van Marum, welcher in dieser Beziehung eine Reihe von Versuchen mit der großen Maschine im Teyler'schen Museum anstellte, hat beständig negative Resultate erhalten.

Man hatte auch gesagt, daß die Elektricität wegen der in den Capillargefäßen hervorgebrachten Erscheinungen die Cirkulation des Blutes beschleunige; aber die Vergleichung war nicht passend. Man stützte sich auf den Versuch, den Böckler zu Straßburg anstellte. Dieser hatte auf einen Isolirschemel eine

elektrisirte Person gestellt, welcher man eine Ader geöffnet hat. Sobald als dieselbe den Boden berührte, so verlor der Strahl an Stärke, Geschwindigkeit und Umfang. Diese Erscheinung fand nur darum Statt, weil eine Oeffnung da war, denn sonst hätte sich alle Elektricität an die Oberfläche begeben.

Wenn im Allgemeinen das elektrische Fluidum durch einen Körper geht, so übt es eine repulsive Wirkung auf alle seine Theile aus. Zu dem Ende muß es in Bewegung sein; ist seine Energie hinreichend, um die Aggregation zu überwinden, so wird der Körper zerbrochen, geschmolzen oder verflüchtigt. Als Prevost und Dumas einen elektrischen Funken durch einen kleinen Blutstropfen gehen ließen, so fandeu sie, daß dieser ein himbeerartiges Aussehen annahm, das die theilweise Trennung der Elementarkügelchen anzeigte.

Van Marum, welcher Versuche an Thieren mit einer Batterie von 500 Quadratfußen (55,55 Metern) anstellte, hat gefunden, daß sie, von der Elektricität getroffen, nicht immer das Leben in dem Augenblicke der Entladung verloren, wie dies in Folge des Blitzes geschieht, welcher wegen der Intensität seiner Wirkung entweder heftige Convulsionen, auf welche der Tod folgt, oder zeitliche Lähmungen hervorbringt, wovon das Thier genesen kann. Um den Einfluß der Elektricität auf die Reizbarkeit zu zeigen, operirte er mit Schlangen, Vipern, mit Thieren, deren Erregbarkeit sehr schwer zu zerstören ist, und welche sich bisweilen nach 24 Stunden eines sichtbaren Todes bewegen. Als er die Entladung durch die ganze Körperlänge der Aale, welche ungefähr fünf Decimeter Länge hatten, gehen ließ, so wurden diese auf der Stelle getödtet, und keines der gewöhnlichen Reizmittel konnte die geringste Spur von Reizbarkeit angeben.

Van Marum untersuchte, ob dieses augenblickliche Erlöschen der Reizbarkeit von der zufälligen Zerrüttung der Organisation oder wenigstens einiger wesentlichen Theile des Lebens herrühre. Um zu wissen, woran man sich in dieser Beziehung zu halten habe, ließ er die Entladung durch verschiedene Theile des Körpers, zuerst durch den Kopf und sodann wieder herausgehen, nachdem sie $^3/_4$, $^5/_6$, $^7/_8$ der Länge durchlaufen hatte. Er sah alsdann, daß der hintere Theil von dem Körper des Aals, derjenige, durch welchen die Entladung nicht gegangen war, seine Reizbarkeit behalten hatte, daß aber der vordere Theil unempfindlich geworden war, wie in dem Falle, wo die Ladung durch die ganze Körperlänge gegangen war. Als er die Entladung bald durch den Schwanz, bald durch den Kopf gehen ließ, so überzeugte er sich, daß der Theil, durch welchen die elektrische Ladung gegangen war, immer unempfindlich geworden war. Bei Versuchen, die mit großen beinahe einen Meter langen Aalen angestellt wurden, und bei denen er die Entladung bei dem vordern Theile des Kopfes hineingehen ließ, fand er, daß der untere Kiefer die Hals- und Bauchmuskeln ihre Reizbarkeit beibehalten, und daß die Muskelfasern des Rückens sie gänzlich verloren hatten. Die Entladung vertheilte sich also nicht in das ganze Thier und folgte vorzüglich dem obern Theile.

Daraus geht hervor, daß das Nervensystem in Folge des Durchgangs einer starken Entladung besonders angegriffen und zerstört wird; diese Entladung muß demnach noch stärkere Erscheinungen auf die Muskelfasern der Säugethiere hervorbringen, welche ihre Reizbarkeit schneller verlieren; denn der Versuch hat bewiesen, daß sie besonders so wirkt, daß sie die Reizbarkeit der Muskelfasern in Folge irgend einer Desorganisation vernichtet. Wenn überdies das Nervensystem unmittelbar getödtet ist, so muß die Cir-

kulation in dem Augenblicke aufgehoben werden, wenn das Herz und die Arterien ihre Reizbarkeit verloren haben. Es ist hier nur von der allgemeinen Wirkung und nicht von den Erscheinungen die Rede, welche sich zeigen, wenn gewisse Organe in Folge der Entladung durchschlagen werden.

Contraktionserscheinungen unter dem Einflusse der Volta'schen Elektricität.

Der Frosch ist wegen der großen Reizbarkeit, die er mehrere Stunden lang und nach dem Grade seiner Lebenskraft noch länger behält, vorzugsweise das Thier, das sich zum Studium der Muskelcontraktionen eignet. Wir verweisen den Leser auf die anatomischen Ausführlichkeiten, die wir zu Anfang dieses Werkes gegeben haben, um die Erscheinungen, welche wir jetzt beschreiben wollen, besser zu verstehen.

Um ihn für die Versuche tauglich zu machen, durchschneidet man die Rückensäule ein wenig unter den Vorderfüßen; man behält den vordern Theil, von dem man die Haut abzieht und umschlägt; man löst sodann das die Säule umgebende Fleisch ab, damit die ganz entblößten Schenkel nur durch die Lendennerven an dem Rückgrate hängen. Der so zubereitete Frosch ist zu den Versuchen tauglich. Wenn man den Muskel und den Nerven mit einem Platinblatte armirt, um von dem einen zu dem andern entweder die Entladung einer schwach geladenen Leydnerflasche oder einen von einem einzigen Paare herrührenden elektrischen Strom gelangen zu lassen, so werden die Muskeln sogleich heftig zusammengezogen. Man erhält ähnliche Resultate, obgleich in einem geringeren Grade, wenn man thermoelektrische Ströme anwendet. Kurz, jedesmal wenn die Muskeln und die Nerven eines frisch zubereiteten

Frosches vermittelst Armaturen von verschiedenem Metalle, wovon das eine oxydirbar ist, in Relation gesetzt werden, so findet man, daß immer Contraktion eintritt, so wie man die beiden Armaturen in Contakt bringt. Wir werden hier das Historische des Streites, der sich zwischen Galvani und Volta in Beziehung auf die Ursache der Elektricitätsentwicklung erhob, nicht wiederholen, weil wir ihn mit hinreichender Entwicklung in der Einleitung zu diesem Werke vorgetragen haben. Wir beschränken uns bloß darauf, zu sagen, daß jedesmal, wenn die Armaturen aus unoxydirbaren Metallen bestehen und ihre Oberflächen vollkommen rein sind, ihr Contakt allein nie Contraktionen hervorbringt und daß die von Galvani entdeckten Erscheinungen von einem elektrischen Strome herrühren, der aus der chemischen Wirkung entspringt, welche die Flüssigkeit erzeugt, die die thierischen Theile auf dem einen von den Armaturen bildenden Metalle anfeuchtet; es ist nicht nöthig, daß der Strom zu gleicher Zeit durch die Muskeln und die Nerven gehe, um Contraktionen hervorzubringen, es ist schon hinreichend, wenn man ihn nur in einen auch noch so kleinen Theil des Nerven gehen läßt. Der elektrische Strom besitzt ferner die Eigenschaft, die Muskeln des organischen Lebens, z. B. das Herz, zu Contraktionen zu bringen, selbst wenn sie der Strom nicht mehr afsizirt. Diese Thatsache ist von Humboldt mit dem Herzen eines Frosches, das so geschwächt war, daß es in 4 Minuten nur Einen Pulsschlag gab, außer Zweifel gesetzt worden. Da alle gewöhnlichen Reizmittel erfolglos waren, so wurde das Herz elektrisirt und sodann sich selbst überlassen; es gab 35 Pulsschläge in der ersten Minute, 31 in der zweiten, 23 in der dritten, 12 in der vierten und 4 in der fünften.

Die Contraktionen, welche aus dem Durchgange

des Stroms durch die Nerven und die Muskeln entstehen, zeigen sich nur in dem Augenblicke, wo man die Kette schließt; die zusammengezogenen Muskeln treten unmittelbar darauf wieder in den Zustand der Ruhe zurück, obschon der Strom zu circuliren fortfährt. Unterbricht man ihn, so zeigen sich die Contraktionen aufs Neue, und hören sogleich nachher wieder auf. Man erhält ähnliche Erscheinungen, wenn man mit Muskeln operirt, die von dem Nervenstamme getrennt sind, da man aber ihre Verästungen nicht wegschaffen kann, so muß man die hervorgebrachten Erscheinungen dem Umstande zuschreiben, daß jene affizirt werden. Wir wollen jetzt untersuchen, wie weit sie zu Hervorbringung des Phänomens mitwirken.

Lehot, Bellingeri und Marianini, welche die aus der Nervenerregung entspringenden Erscheinungen studirten, haben folgende drei Gesetze aufgestellt: 1) wenn man bloß auf die Nerven wirkt, so ziehen sich die entsprechenden Muskeln jedesmal zusammen, wenn der Strom in der Richtung der Nervenverästungen geht; 2) es entsteht alsdann keine Wirkung, wenn man die Kette unterbricht; 3) schlägt der Strom die umgekehrte Richtung ein, so findet, wenn man die Kette schließt, keine Contraktion Statt; sie zeigt sich nur, wenn man sie unterbricht. Matteucci untersuchte, ob es sich auch noch so verhalte, wenn der Strom eine Richtung hat, die normal zu der Länge des Nerven ist. Zu diesem Ende wurde ein nach Galvani's Art zubereiteter Frosch nach seiner Länge und mitten durch das Rückenmark in zwei Theile getheilt; eine Hälfte wurde an dem Fuße an einem seidenen Faden aufgehängt, während der Nerve in ein mit Wasser angefülltes Gefäß tauchte; die Enden von zwei Platindrähten, welche an den beiden nicht eingetauchten Theilen mit Gummilack überzogen wurden, wurden in einer Entfernung von 3 bis 4

Millimetern in einer mit dem Nerven senkrechten Richtung in das Wasser getaucht; die Entladung einer Säule von 30 Paaren wurde durch diese Drähte fortgepflanzt. Der Frosch zog sich nicht zusammen; Matteucci schloß daraus, daß keine Contraktion stattfinde, wenn der Nerve senkrecht mit seiner Länge affizirt werde. Wir wünschten zu wissen, ob es sich immer so verhalte, der Grad der Vitalität des Thieres und die Intensität des Stromes mögen auch sein, welche sie wollen; denn man weiß, daß, wenn man das Rückenmark oder einen Nerven durchsticht und demnach bloß auf einen Punkt wirkt, man Contraktionen bewirkt.

Ursachen, welche die Wirkung der Elektricität auf die Nerven modificiren. Wirkungen des Unterbindens.

Wenn man einen Nerven unterbindet und ihn oberhalb reizt, so ziehen sich die untern Muskeln nicht zusammen, und das Thier empfindet Schmerz; unterhalb sind die Erscheinungen umgekehrt. Mit der Elektricität hat man ähnliche Erscheinungen beobachtet, als man mit einem in zwei Theile getheilten Frosche so operirte, daß man auf den Fuß, den Schenkel, den Nerven und das Rückenmark einer an einem Seidefaden aufgehängten Hälfte wirkte. Man hat auf diese Weise nicht die Wirkungen der abgeleiteten Ströme zu besorgen, welche fast immer stattfinden, wenn das Thier auf irgend einer Stütze ruht. Ist Alles so hergerichtet, so unterbindet man den Nerven in der Mitte mit einem Faden, bis man leichte Contraktionen in dem Beine bemerkt und bringt die beiden Pole einer Säule von 15 Elementen an zwei entfernten Punkten des Nerven über dem Verbande an; es findet keine Contraktion Statt, mag auch die Richtung des Stromes sein, welche sie will. So

verhält es sich aber nicht, wenn man die Pole unter der Binde anbringt: man erhält alsdann die nämlichen Erscheinungen, wie mit den gewöhnlichen Reizmitteln. Die Elektricität verhält sich also in diesem Falle wie diese letztern.

Das Phänomen der Contraktionen wird durch Gifte, besonders durch die Blausäure und das Morphin, durchaus nicht modificirt, wie dies Matteucci nachgewiesen hat.

Volta'sche Alternative.

Es ist festgesetzt worden, daß die Contraktionen in dem Augenblicke aufhören, wo der direkte Strom unveränderlich zwischen dem Nerven und dem Muskel hergestellt ist; man muß daraus schließen, daß der Durchgang der Elektricität in demselben eine augenblickliche Modifikation hervorbringe, welche so lange besteht, als der Strom circulirt. Da nun im Allgemeinen eine Contraktion stattfindet, wenn man die Kette unterbricht, so zeigt uns diese Erscheinung das Aufhören dieser Modifikation und die Rückkehr der constituirenden Theile in ihre natürliche Gleichgewichtslage an. Wir werden später die Folgerungen kennen lernen, die man aus dieser Beobachtung ziehen kann. Wenn der von einer gewissen Anzahl von Paaren herrührende Strom eine gewisse Zeit lang, z. B. eine halbe Stunde, circulirt hat, so zieht sich beim Oeffnen oder Schließen der Kette das Thier nicht mehr zusammen; verändert man aber die Richtung des Stroms, so zeigen sich die Contraktionen aufs Neue. Kehrt man die Richtung des Stroms eine gewisse Zahl mal um, so kann man die Erregbarkeit der Muskeln nach Belieben vernichten oder hervorrufen; dies ist das Phänomen der Alternative. Dieser Versuch beweist augenscheinlich, daß der Strom, welcher eine gewisse Zeit lang durch die Muskeln und

die Nerven hindurchgeht, keine Desorganisirung in denselben hervorbringt, wohl aber eine augenblickliche Störung in der Gruppirung der organischen Theile. Wenn aber die Organe eines Frosches, durch welchen eine gewisse Zeit lang ein Strom von einer gegebenen Intensität hindurchgeht, ihr Zusammenziehungsvermögen verlieren, wenn man die Kette öffnet oder schließt, so haben sie demungeachtet das Vermögen, sich unter dem Einflusse eines kräftigeren Stromes zusammen zu ziehen.

Die Muskeln eines Frosches, welche durch den Durchgang eines Stromes ihr Zusammenziehungsvermögen verlieren, erlangen es durch die Ruhe wieder, demungeachtet wird die Erregbarkeit geschwächt, wie dies Marianini beobachtete. In diesem Falle nehmen die organischen Moleküle nach und nach ihre erste Lage wieder an. Bei dem lebenden Thiere werden ähnliche Erscheinungen hervorgebracht; nur stellen die Lebenskräfte den Eintrag schnell wieder her, welchen der Strom den Bewegungsorganen that. Dieses Wiederherstellungsvermögen erlischt nicht mit dem Leben, weil es noch nachher eine gewisse Zeit lang während des Kampfes zwischen den Kräften der unorganischen Natur und den physischen Kräften besteht. Bei den Versuchen über die Alternative des lebenden Frosches muß man auf den Willen des Thieres Rücksicht nehmen, der auf die Wirkungen der Ströme einen solchen Einfluß haben kann, daß er denselben fast ganz das Gleichgewicht hält, wenn diese Ströme keine große Intensität besitzen und das Thier eine starke Lebenskraft und demnach einen kräftigen Willen hat. Man kann sich von dieser Thatsache dadurch überzeugen, daß man hintereinander mit einem Gliede, das noch an dem Thiere hängt und mit dem nämlichen abgelösten Gliede operirt. Wenn die Permanenz eines Stroms die Reizbarkeit des Muskels schwächt, so erhöht sie dagegen dieselbe,

wenn man die Kette schließt, sie unmittelbar nachher öffnet, und auf diese Weise mehrere Male fortmacht.

Wirkt man bloß auf die Nervenfaden, so bringt man auch das Phänomen der Alternative hervor. Um diese Thatsache zu erklären, muß man sich dessen erinnern, was wir in Beziehung auf die Contraktionen gesagt haben, welche man erhält, wenn der Strom bloß durch den Nerven geht: da der umgekehrte Strom bei seinem Eintritte in den Nerven nie Contraktionen veranlaßt, so folgt daraus, daß der den Nerven durchlaufende direkte Strom nie von Contraktionen begleitet sein wird, wenn man die Kette unterbricht. Es ist äußerst leicht, zu beweisen, daß die Contraktion, die in dem Augenblicke hervorgebracht wird, wo man die Kette unterbricht, von der Wirkung eines Induktionsstromes herrühre, der in umgekehrter Richtung mit dem vorhergehenden läuft: man bringt den Rumpf eines Frosches in eine mit Wasser angefüllte Tasse, die mit dem positiven Pole einer Säule in Verbindung steht, und die beiden Schenkel in eine andere Tasse, die mit dem negativen Pole communizirt. Schließt man die Kette, so zeigen sich die Contraktionen; bricht man sie ab, so sind sie kaum merklich oder null; dies ist die bereits erwähnte Thatsache. Gibt man dem Strome eine umgekehrte Richtung, so erhält man die entgegengesetzten Erscheinungen. Wir wollen also daraus den Schluß machen, daß die Contraktionen, welche sich zeigen, wenn man die Kette unterbricht, von einem Induktionsstrome herrühren, der demzufolge in umgekehrter Richtung mit dem primitiven Strome geht.

Peltier suchte das Phänomen der Alternative durch die Annahme zu erklären, daß sich in Folge des Durchgangs des Stromes die Muskeln und die Nerven polarisiren, so wie die Metallplatten, welche dazu dienten, einen Strom in einen liquiden Körper

fortzupflanzen. Wenn man wirklich einen Strom, der von einem Apparate von 15 bis 30 Paaren herrührt, durch die beiden Beine eines Frosches, wovon jedes in ein mit Wasser angefülltes Gefäß eintaucht, gehen läßt, so findet man nach Verlauf von einigen Minuten entweder mit einem Multiplikator oder mit einem Frosche, daß die Beine polarisirt sind, und die Erscheinung ist so auffallend, daß man, wie dies Matteucci that, eine sekundäre Säule auf Ritter'sche Art aus Fröschen bilden kann, deren Muskeln zu Fortpflanzung eines Stromes gedient haben. Ist dies aber auch wirklich die Ursache dieser Erscheinung? Um dies zu erfahren, brachte dieser Physiker einen Multiplikator in die Kette, durch welche er einen Strom gehen ließ: bei Umkehrung dieses Stromes hätte man eine größere Abweichung erhalten sollen, weil in diesem Falle der sekundäre Strom zu dem Strome der Säule hinzukommt; dem ist aber nicht so: der Frosch zieht sich zusammen, die Anfangs sehr starke Abweichung nimmt ab, sodann hebt man die Kette auf, stellt sie wieder her und notirt die Abweichung; man kehrt den Frosch um, indem man die Stelle der Beine und der Nerven verändert; man schließt die Kette und notirt abermals die Abweichung. Man erhält immer starke Contraktionen, ohne daß die Abweichung Differenzen zeigt. Matteucci schloß daraus, daß die Contraktion, welche hervorgebracht wird, wenn man die Richtung des Stromes ändert, keiner Intensitätszunahme des Stromes zugeschrieben werden dürfe, welcher von den sekundären Polaritäten herrührt; die Erklärung, welche wir von dem Phänomene der Alternative gegeben haben, scheint uns die rationellste zu sein, und muß hier in Erwägung gezogen werden.

Von den Empfindungen, welche in dem Frosche durch den Durchgang des Stroms hervorgebracht werde.

Der Strom bringt nach seiner Richtung bei seinem Durchgange durch die Muskeln und Nerven entweder Contraktionserscheinungen oder solche hervor, welche das Thier schmerzhaft affiziren; diese letztern sind äußerst sorgfältig von Marianini analysirt und die Versuche von mehreren Physikern nicht bloß mit Fröschen, sondern auch mit andern Thieren mit Erfolg wiederholt worden. Folgende Vorkehrung macht es möglich, den Versuch leicht anzustellen: man nagelt den Frosch mit seinen vier Füßen auf ein gefirnißtes Brett, so daß der Bauch des Frosches das Brett berührt, man entblößt den Schenkel- und den Hüftnerven, nimmt die Haut, die Muskeln, so wie das Schenkelbein hinweg, so daß das Bein nur noch durch den Nerven an dem Rumpfe hängt. Man läßt den Strom in diesen Nerven gehen, indem man nach einander die Zahl der Paare vermehrt, und man erhält folgende Erscheinungen: Ist der Strom bei seiner Einführung direkt, so hat man immer eine starke Contraktion in den Hintergliedern; öffnet man die Kette, so ist die Zusammenziehung schwächer, der Rückentheil krümmt sich, erleidet eine Erschütterung und es ereignet sich bisweilen, daß das Thier schreit; bei dem umgekehrten Strome biegt der Frosch den Rücken, krümmt sich in den Weichen, sein Athmen wird schwer und Alles verräth Schmerz. Unterbricht man den Strom, so ziehen sich die Hinterglieder zusammen. Mannigfaltige Versuche bestätigten Marianini's Versuche, daß jedesmal eine schmerzliche Empfindung stattfinde, wenn der Strom in die Nerven in einer ihren Verästungen entgegengesetzten Richtung tritt, während Contraktion stattfindet, wenn der Strom eine entgegengesetzte Richtung verfolgt.

Die so eben angeführten Erscheinungen würden also zu beweisen suchen, daß der Nerve so organisirt ist, daß er gewisse Bewegungen in der Richtung seiner Verästungen fortpflanzt, welche nur mit Mühe in der entgegengesetzten Richtung fortgepflanzt würden, woraus ein Gefühl des Schmerzens entspringt. Es kämen alsdann Erscheinungen hervor, welche denjenigen ähnlich sind, die man an gewissen Thieren beobachtet, wenn man sie nach und gegen die Richtung ihrer Haare reibt. Da es aber Nerven gibt, wovon die einen der Bewegung, die andern der Empfindung vorstehen, so muß man in diesem Falle untersuchen, wie stark beide von dem Durchgange des Stromes affizirt werden. Dies ist eine Aufgabe, die wir in der Abhandlung über diese beiden Arten von Nerven untersuchen werden.

Gesetze, nach welchen die Thätigkeit des Frosches abnimmt.

Bei den Alternativen bringt der Strom in den Nerven eine neue Bedingung hervor, welche sie für die Wirkung des Stromes weniger empfindlich macht; nun weiß man, daß ohne Anwendung der Alternative das Thier eine gewisse Zeit nach seinem Tode aufhört, sich zusammen zu ziehen; man suchte das Gesetz dieser Abnahme aufzufinden. Valli hatte bemerkt, daß, wenn man die verschiedenen Theile eines Nerven der Wirkung eines Stromes aussetzt, der Theil, welcher zuerst zu Erzeugung von Contraktionen unempfindlich wird, derjenige ist, welcher dem Ursprunge des Nervens, d. h. dem Gehirne am nächsten ist. Diese Thatsache ist von allen Physiologen bestätigt worden. Matteucci hat das Studium dieser Klasse von Erscheinungen wieder aufgenommen, um zu sehen, auf welche Weise in dem Nerven das Vermögen erlösche, den Muskel zu Contraktionen zu

veranlassen. Wir geben hier ausführlich einen seiner Versuche an, den er mit einem zubereiteten Frosche anstellte. Man entblößt den Schenkel- und den Hüftnerven und berührt diesen letztern mit den Endpunkten eines Zink- und Platinpaares, das unter die Nerven gelegt und so angebracht ist, daß es auf eine direkte Weise geht. Welches nun auch der berührte Punkt sein mag, so erhält man immer Contraktionen in dem ersten Augenblicke; berührt man einige Minuten nachher den Nerven nahe an seiner Einfügung in das Rückenmark, so sind die Contraktionen kaum merklich und hören kurz nachher auf; während man, wenn man den Nerven neben seiner Einfügung in das Bein berührt, sehr starke Contraktionen erhält. Wenn man noch wartet, um Contraktionen zu erhalten, so muß man einen Theil des Nervens, der noch weiter von dem Rückenmarke entfernt ist, entblößen und berühren. Im Allgemeinen nähert sich der Theil des Nervens, welcher bei dem Eintritte des umgekehrten Stromes schmerzhafte Empfindungen erregt, um so mehr dem Ursprunge des Nervens, je schwächer das Thier wird, während das Gegentheil bei den Contraktionen stattfindet.

Matteucci, der sich diese Einrichtung des Nervens erklären wollte, hat gefunden, daß man sie keinem Vertrocknen zuschreiben dürfe. Es geht also Alles dahin, zu beweisen, daß dieses Vermögen des Nervens, Muskelcontraktionen hervorzubringen, von einer organischen Einrichtung abhänge, welche zuerst einige Zeit nach dem Tode in den dem Hirne zunächst gelegenen Theilen und sodann immer weiter bis in den äußersten Punkten verschwindet.

Von den starrkrampfigen Contraktionen.

Wenn man einen Frosch präparirt, so ereignet es sich bisweilen, daß die Glieder einen starrkrampfigen

Zustand annehmen, besonders wenn diese Operation rasch gemacht wird und das Thier kräftig ist; es ereignet sich auch, daß sich die Muskeln in einem Zustande der Erschlaffung und absoluten Geschmeidigkeit befinden. Demungeachtet ziehen sich die Frösche in beiden Fällen unter dem Einflusse eines Stromes zusammen. Im ersten Falle sind es bloße Bewegungen, während es in dem zweiten wirkliche Contraktionen sind. Nobili hat es dahin gebracht, einem präparirten Frosche dadurch den Starrkrampf zu geben, daß er die Kette sehr schnell unterbrach und wiederherstellte, so daß die von einem ersten Contakte herrührende Contraktion noch vor der Hervorbringung derjenigen fortdauerte, welche von dem nachfolgenden Contakte herrührte: diese Erscheinung kann wohl nur der Zustandsveränderung des Nerven zugeschrieben werden, der schnell von dem natürlichen in einen erzwungenen Zustand und umgekehrt übergeht. Sollte der natürliche Starrkrampf nicht von ähnlichen Modifikationen herrühren, welche das Nervensystem in Folge heftiger Schmerzen oder verschiedener Krankheitsursachen erleidet? Man könnte ihn vielleicht dadurch heben, daß man die von Nobili beobachtete Thatsache in Erwägung zieht: daß nämlich Frösche, welche den Starrkrampf haben, in diesem Zustande unter dem Einflusse eines Stromes beharren, und sich oft vollständig unter der Wirkung eines Stromes erholten, der die entgegengesetzte Richtung von dem eigenthümlichen Strome des Frosches hatte.

Einige Versuche, welche in dieser Richtung angestellt wurden, haben ziemlich befriedigende Resultate geliefert, so daß man gar wohl hoffen darf, daß man durch Abwechslung mit denselben auf etwas Gewisses kommen könne.

Sechstes Kapitel.

Von dem eigenthümlichen Strome lebender Thiere.

Wir haben gesehen, daß, wenn man einen, sogar sehr schwachen Strom in die Muskeln und Nerven eines frisch zubereiteten Frosches vermittelst zweier Armaturen von verschiedenem Metalle, die in Contakt gebracht wurden, gehen läßt, sogleich eine Contraktion erfolge. Galvani behauptete, um Volta's Ansichten über die Contaktstheorie zu bekämpfen, daß man sie ohne metallische Armaturen dadurch hervorbringen könne, wenn man die Muskeln und Nerven ohne Vermittlung irgend eines Metalles in Contakt brächte. Dieser Versuch ist von Aldini auf folgende Weise realisirt worden:

Man nimmt einen wie gewöhnlich zubereiteten Frosch, mit der einen Hand hält man die Rückensäule, mit der andern ergreift man einen von den Füßen und biegt das Bein, bis seine Muskeln die Schenkelnerven berühren. Augenblicklich entstehen daraus lebhafte Contraktionen, die sich jedoch nur in soweit zeigen, als die Frösche kräftig, die Muskeln nicht mit Blut überladen sind und die Präparation schnell gemacht worden ist. Es handelte sich jetzt davon, zu erfahren, ob die von dem Contakte der Muskeln und der Nerven herrührenden Contraktionen einem Strome zugeschrieben werden müssen, der durch den bloßen Contakt oder irgend eine andere Ursache hervorgebracht wird. Nobili, der diese Aufgabe studirte, hat gefunden, daß diese Erscheinung von einem elektrischen Strome herrühre, der eine solche Richtung habe, daß der Nerve die positive, der Muskel die negative Elektricität liefere. Der so hervorgebrachte Strom geht von den Füßen zum

Kopfe und wird Strom des Frosches genannt; er wird mit einem sehr empfindlichen langdrahtigen Multiplikator bestimmbar; man experimentirt auf folgende Weise: man nimmt zwei Kapseln, die mit einer Kochsalzlösung angefüllt sind; in jede derselben taucht man eine Platinplatte, die sich in eine Spitze endigt und fast bis an ihre Endpunkte mit Siegellack überzogen ist, um sekundäre Ströme zu vermeiden. Ist der Frosch nach Galvani's Weise präparirt, so taucht man eines von den Stücken des Rückgrates in eines von den Gläsern, die Beine in das andere, während sich die Schenkel zwischen den beiden Gläsern befinden. Der Strom, welcher von den Füßen nach dem Kopfe hingeht, bringt eine Abweichung von 4, 5, 12 und sogar 20° hervor, wenn das Thier eine große Lebenskraft besitzt. Matteucci streckt, um den Strom mit dem lebendigen Thiere zu erhalten, den Frosch auf einen gefirnißten Taffet aus und legt, nachdem er ihn präparirt hat, einen von den Leitern auf eine von den Flechsen der Beine und den andern auf die Rückgratsnerven. Um einen beträchtlicheren Strom zu erhalten, bildet man eine Säule aus mehreren, nach Nobili's Angabe zubereiteten Fröschen, jedes Paar besteht aus zwei kleinen Gläsern und einem, wie oben angegeben wurde, zubereiteten Frosche. Man erhält auf diese Weise einen 3 bis 4mal stärkeren Strom als mit einem einzigen Frosche, und alsdann kann man statt des Galvanometers eine Säule von Fröschen nehmen, um das Dasein eines Stromes zu erkennen. Die Richtung des Stroms wird durch das Vorkommen oder den Mangel an Contraktionen in dem Augenblicke angezeigt, wo man die Kette schließt.

Matteucci legt, um den eigenthümlichen Strom von zwei Fröschen zu vergleichen, diese auf das Isolatorium, indem er den Nerven des einen mit dem Nerven des andern in Opposition bringt; man er-

hält alsdann eine Differenz zwischen den beiden Strömen. Nachdem auf diese Art zwei Säulen, wovon jede aus 8 Fröschen bestand, in Opposition gesetzt und mit einem Multiplikator in Verbindung gebracht worden waren, so gaben sie nur 2° Abweichung. Nach diesem Physiker nimmt der Strom des Frosches, wenn man ihn cirkuliren läßt, nicht ab und die sekundären Polarisationen der Extremitäten des Thieres sind nicht bestimmbar.

Nobili hatte behauptet, daß man nie Ströme bekomme, wenn man zwei Frösche einander entgegenstelle; er sprach damals im Sinne der Volta'schen Theorie; Matteucci erhielt aber Contraktionen, wofern er nur nicht symmetrische Theile der Frösche berührte. Um dies zu beweisen, nimmt er einen präparirten Frosch, durchschneidet das Darmbein, das die beiden Schenkel verbindet, um den Frosch in zwei Theile zu zertheilen, die nur noch an den Rückgratsnerven hängen; diese beiden Theile werden auf den Isolirschemel gelegt, die beiden Schenkel gehörig abgesondert und die Nerven ausgespannt; in diesem Zustande erhält man Contraktionen, wenn man einen Schenkel mit dem andern Beine berührt, während man nichts erhält, wenn man die Beine in Contakt bringt. Bringt man einen Multiplikator in die Kette, so erhält man eine Abweichung, welche anzeigt, daß der Strom von dem Beine zum Schenkel und von diesem durch die Nerven zum andern Schenkel gehe. Als Matteucci mit diesem Versuche auf verschiedene Arten abwechselte, so fand er, daß jedes von den Gliedern eines Frosches als ein vollständiges Elektricität erregendes Element angesehen werden könne, woraus folgt, daß, wenn sich keine Contraktionen zeigen, diese negative Wirkung nur davon herrühre, daß man zwei symmetrische Theile berührt hat. Wir geben hier einen andern Versuch:

Bei dem in zwei Theile getheilten Frosche ordnet

man die beiden Glieder so, daß der Nerve des einen und der Fuß des andern in die Flüssigkeit eines kleinen Glases, der andere Fuß und der andere Nerve in ein anderes kleines Glas eintauchen; man erhält alsdann sehr starke Contraktionen, wenn man die Kette schließt. Taucht man die beiden Platten in die zwei Gläser, so erhält man keinen Strom; in diesem Falle cirkuliren die Ströme der beiden Glieder mit einander in den beiden Gliedern. Cirkulirten sie in entgegengesetzter Richtung, so bekäme man auch keine Abweichung. Es verhält sich aber nicht mehr so, wie wir weiter oben gesehen haben, wenn die beiden Nerven in ein und dasselbe Glas tauchen und die beiden Beine in das andere; in diesem Falle erhält man einen abgeleiteten Strom. Die Abweichung der Magnetnadel nimmt nicht zu, wenn man mit einer größeren Anzahl von Fröschen, welche in Form einer Säule geordnet sind, operirt; über zwölf hinaus hört die Intensität auf, zu wachsen. Matteucci operirte alsdann mit einem ganzen und einem halben Frosche; er präparirte zu dem Ende 4 bis 6 Frösche, die entzwei getheilt waren und eben so viele ganze und machte auf dem Isolirschemel zwei Säulen, die eine aus halben, die andere aus ganzen Fröschen und stellte sie so einander gegenüber, daß er die ähnlichen Extremitäten dieser beiden Säulen sich einander berühren ließ. Auf diese Weise erhielt er keine besonders deutliche Erscheinungen eines differenziellen Stromes, obgleich jede dieser Säulen, wenn sie einzeln wirkt, 15, 20 und 25° Abweichung gab; daraus leitet man folgende Schlüsse ab: das vollständige Elektricität erregende Element des Stromes des Frosches oder vielmehr der Elektricität erzeugende Strom wird aus einem Beine, aus dem Schenkel, aus seinem Rückgratnerven und einem Stücke Rückgrat gebildet; durch jedes von den Gliedern des Frosches cirkulirt der Strom des andern

Gliedes, indem er den Frosch unversehrt und die beiden Extremitäten oder Beine des nämlichen Frosches mit einander und auf irgend eine Weise communiziren läßt. Bei dem Versuche, wo man mit dem Multiplikator den Strom des Frosches augenscheinlich macht, erhält man an dem Drahte nur den Strom, der aus der Summe der beiden Theile der Ströme von den beiden Gliedern herrührt, die sich nicht von Glied zu Glied entladen.

Woher mag denn der Strom des Frosches rühren, dessen Ursache zu kennen für die Physiologen von so großer Wichtigkeit ist, um zu wissen, welchen Antheil die Elektricität an den Lebenserscheinungen habe. Um auf diese Ursache zu kommen, muß man die Theile des Frosches, die zu Erzeugung seines Stromes unerläßlich sind, so wie die anatomischen und physiologischen Umstände aufsuchen, welche diese Intensität verschieden machen können.

Bei dem früher erwähnten Versuche, um den Strom des Frosches zu beobachten, nimmt man die beiden Rückgratnerven und das Stück Rückenmark hinweg und läßt die Knochen und die Muskeln des Beckens; man probirt sodann den Strom des Frosches, indem man in die beiden Gläser auf der einen Seite das Becken, auf der andern das Bein tauchen läßt; der Strom geht noch in derselben Richtung fort, und seine Intensität scheint sogar stärker zu sein. Als zwei Säulen präparirt wurden, die eine mit Fröschen wie gewöhnlich, und die andere aus Fröschen ohne Rückenmark und ohne Rückgratnerven, und die sodann einander entgegen gestellt wurden, so erhielt man einen differenziellen Strom, welcher anzeigt, daß die Säule, welche aus Fröschen ohne Nerven bestand, den stärksten Strom gab.

Damit ist bewiesen: 1) daß der eigenthümliche Strom des Frosches seine Richtung und seine Intensität ohne das Rückenmark, die Rückgrat- und

Schenkelnerven behalte, obschon man die sichtbaren Nervenfasern des Schenkels weggenommen hat; 2) die Ursache der Hervorbringung des Stroms existirt im Contakte der Muskeln des Beins und des Schenkels, die organisch verbunden sind; 3) wenn man dem wie gewöhnlich präparirten Frosche sein Rückenmark, seine Nerven und seine Verästungen in den Nerven läßt, so wirken alle diese Theile in Hervorbringung des Stromes, wie die Muskelsubstanz des Schenkels.

Gehen wir jetzt zu dem Einflusse über, den die Muskeln des Schenkels, des Beines und die Flechsen auf den Strom ausüben. Matteucci errichtete zu seiner Bestimmung eine Säule von Beinen auf dem Isolatorium, und brachte mit den Flechsen des Beines die Extremitäten eben dieser Beine an den Punkten in Contakt, wo sie abgeschnitten worden waren. Der erhaltene Strom war eben so stark, wie der, den die nämliche Anzahl von ganzen Fröschen hervorbrachte; die Richtung desselben ging immer von den Extremitäten nach dem Kopfe. Säulen, welche bloß aus Schenkeln ohne Nervenfasern, oder aus Nervenfasern bestehen, gaben nur sehr schwache Anzeigen eines Stroms, wenn man sogar diese Säulen aus zwölf Schenkeln zusammensetzte; der Strom ging immer von den Extremitäten nach dem Kopfe.

Wenn man die sehnige Oberfläche des Beines wegnimmt und aus den so zubereiteten Beinen eine Säule bildet, so erhält man abermals den eigenthümlichen Strom des Frosches, dessen Intensität auffallend größer als die war, die man unter denselben Umständen erhielt, als man die Flechse des Beins unversehrt ließ.

Schenkel ohne Rückgratnerven und ohne Beine sind quer durchschnitten worden; man machte daraus eine Säule, indem man die innere Muskelfläche eines

Stückes mit der äußeren des andern in Contakt brachte; man erhielt beständig einen Strom, der von der inneren Fläche nach der äußeren ging und dessen Intensität im Allgemeinen größer war, als die des Stromes, den man mit einer Säule erhielt, die aus einer und derselben Zahl ganzer Frösche bestand. Nimmt man einen in zwei Hälften zerschnittenen Schenkel, so kann man sich des Stückes bedienen, das mit dem Beine verbunden war, oder auch desjenigen, das auf der entgegengesetzten Seite liegt; mag auch das Stück, dessen man sich zu Bildung der Säule bedient, sein, welches es will, so geht der Strom doch immer von dem Innern des Muskels nach der Oberfläche.

Die vorhergehenden Thatsachen führen auf diese Folgerungen: 1) man kann den eigenthümlichen Strom mit dem Beine allein erhalten; 2) wenn man das Innere einer Muskelmasse und ihre Oberfläche in Verbindung bringt, so erhält man einen Strom, der von Innen nach Außen geht.

Wir wollen jetzt die Zeit angeben, wie lange der Strom des Frosches dauert. Selten erhält man die Contraktionen, wenn man die Muskeln und die Nerven in Contakt bringt, wenn das Thier schon 15 bis 20 Minuten präparirt ist. Während an dem Galvanometer der Strom noch nach Verfluß von 2 Stunden merklich ist, wie dies Matteucci nachgewiesen hat, wird nach Verlauf von 8 bis 10 Minuten die Abweichung auf die Hälfte reduzirt. Eine Säule von sechs Fröschen, welche Anfangs eine Abweichung von 16° hat, gab nach Verfluß von 50 Minuten nur noch 6°; nach Verfluß von 24 Stunden 2 bis 3°. Befeuchtet man die schon lange präparirten Frösche mit Salzwasser, so findet keine Zunahme in der Intensität des Stromes Statt.

Die Ströme, welche man bloß von den Beinen oder entzweigeschnittenen Schenkelstücken erhält, be-

harren nicht so lange, wie die von ganzen Fröschen. Taucht man die präparirten Frösche in verschiedene Gase, wie z. B. in Kohlensäure und Sauerstoff, so sind die Erscheinungen die nämlichen, wie wenn man in der Luft operirt.

Man vernichtet den eigenthümlichen Strom, wenn man den präparirten Frosch einige Minuten lang in beinahe kochendes Wasser hält. Matteucci bewies, daß die chemischen Wirkungen, welche aus der Reaktion der Flüssigkeit auf die Theile des Frosches entspringen, welche hineingetaucht werden, keinen Einfluß auf die Hervorbringung des Phänomens äußern.

Als Matteucci untersuchte, ob der eigenthümliche Strom des Frosches und die Contraktionen einen gemeinschaftlichen Ursprung haben, so wurde er auf das Princip geleitet, daß Umstände, welche den einen modificiren, gleichfalls auf die andern wirken. Auf diese Weise stehen diese beiden Klassen von Phänomenen in einer gemeinschaftlichen Abhängigkeit zu einander. Wir dürfen endlich und als Folge früherer Versuche nicht vergessen, einer Thatsache zu erwähnen, welche zum Verständnisse des von uns abgehandelten Gegenstandes nicht ohne Wichtigkeit ist, daß nämlich der mit dem Multiplikator beobachtete Strom des Frosches, wenn man sich zweier Kapseln bedient, die mit einer und derselben Flüssigkeit angefüllt sind, die nämliche Richtung hat, wenn man zur Flüssigkeit destillirtes, gesäuertes, alkalinisch gemachtes Wasser u. s. w. nimmt, wofern nur die Lösungen nicht dergestalt concentrirt sind, daß sie auf die thierischen Theile reagiren. Ueberdies behält dieser Strom seine Richtung und seine Intensität, wenn man auch den Contakt dieser Theile mit den Flüssigkeiten verändert, so daß man die nämlichen Resultate mit dem Frosche ohne Nerven, mit dem halben Frosche oder bloß mit dem Beine erhält. Der Strom behält immer dieselbe Richtung, und es findet nur in der Intensität eine

Verschiedenheit Statt, indem die am meisten leitenden Flüssigkeiten immer die stärkste Intensität geben.

Von den Gesetzen, nach welchen der Muskelstrom verschieden ist. Einfluß der Temperatur auf diesen Strom.

Wenn die Temperatur auf Null steht, so sind die Zeichen des Muskelstromes weit schwächer, als gewöhnlich, während die Erscheinungen auffallender sind, wenn die Frösche in einem warmen Zimmer aufbewahrt werden. Diese Thatsache läßt sich durch Erkalten der Frösche mit Eis äußerst leicht darthun. Matteucci experimentirte mit einer Säule von 10 Elementen, die aus Halbschenkeln von Fröschen bestand, welche eine halbe Stunde lang einer Temperatur von Null ausgesetzt waren. Diese Säule wurde einer andern entgegengesetzt, die aus einer gleichen Anzahl von nicht erkalteten Fröschen bestand. Der differenzielle Strom brachte zu Gunsten der letzteren eine Abweichung von 35 bis 40 Graden hervor. Die Säule mit den erkalteten Fröschen erzeugte, allein genommen, eine Abweichung von 15 bis 16° und die andere 45°. Die Wirkung eines Sinkens der Temperatur läßt sich nur dann wahrnehmen, wenn die Frösche einige Zeit lang der Wirkung der Kälte ausgesetzt waren. Frösche, welche einige Minuten lang rasch erkaltet und sodann in Wasser von 15° getaucht wurden, bringen die nämlichen Erscheinungen hervor, als ob sie in der gewöhnlichen Temperatur geblieben wären. Man sieht also, daß man zu Schwächung der Intensität des Muskelstromes die Wirkung der Kälte verlängern müsse. Bei den warmblütigen Thieren scheint der Einfluß der Kälte auf den Muskelstrom nicht so groß zu sein, als bei dem Frosche und den andern kaltblütigen Thieren. Der Muskel-

strom ist um so intensiver, je röther und consistenter die Muskeln der Frösche sind.

Der Einfluß des Nervensystems auf den Muskelstrom ist nicht ohne Interesse. Es erhellt aus den Versuchen Matteucci's, daß dieser Strom weder in seiner Richtung, noch in seiner Intensität eine Veränderung erleidet, wenn man die Integrität des bewegenden und empfindenden Nervensystems verändert. Als er in den Magen einer gewissen Anzahl von Fröschen 10 bis 12 Tropfen einer wässerigen Lösung von Opiumextrakt oder eines Alkoholextraktes von der Brechnuß gebracht hatte, so wurden sie bald eingeschläfert. Man bildete zwei Säulen von Froschhalbschenkeln und stellte sie einander gegenüber. Die Elemente der einen dieser Säulen bestanden aus gewöhnlichen Fröschen; die andere aus den Muskeln der Frösche, welche durch die narkotischen Mittel betäubt waren. Man erhielt keine constante und sehr auffallende Zeichen des differenziellen Stromes. Auf diese Weise ist die Wirkung narkotischer Mittel auf die Intensität des Muskelstromes beinahe null. Bei den Muskeln der warmblütigen Thiere erhielt man dasselbe Resultat. Es verhält sich auch so, wenn die Thiere durch Kohlensäure in Todesohnmacht liegen. Matteucci fand nur ein einziges tödtliches Gas, das Schwefelwasserstoffgas, das einen Einfluß ausübte. Die mit gewöhnlichen Fröschen gebildete Säule gab eine Abweichung von 30°, während die, welche aus Fröschen bestand, die in Schwefelwasserstoff getödtet wurden, nur eine von 5 bis 6° in der Richtung des Muskelstromes gab.

Endlich erhellt aus den Versuchen Matteucci's, daß der Strom des Frosches ohne das Dasein und die Integrität des Gehirn- und Rückenmarksystems bestehe. Tritt das Nervensystem bei dem Versuche ein, so verhält es sich gerade so, wie die Muskelmasse des Schenkels, d. h. wie ein leitender Körper; der

eigenthümliche Strom verliert an seiner Stärke, wenn er in einer Art von Starrkrampf sich befindet, endlich wird die Intensität des eigenthümlichen Stromes durch die verschiedenen Zustände des Blutes in den Muskeln modificirt.

Von dem eigenthümlichen Strome bei den warmblütigen Thieren.

Man erhält an dem lebenden Frosche die Erscheinungen des eigenthümlichen Stromes, wenn man die Muskeln des Beines, so wie die Rückgratnerven entblößt, sie mit einander in Contakt bringt und einen Multiplikator in die Kette stellt; um aber den eigenthümlichen Strom bei den warmblütigen Thieren zu beobachten, so ist es besser, sich anstatt dieses Apparates, eines auf folgende Weise präparirten Frosches zu bedienen: Man richtet einen Frosch wie gewöhnlich her, zerschneidet ihn der Länge nach, wie bereits gesagt worden ist, nimmt sodann den Knochen und alle Muskeln des Beckens hinweg, um ein Bein zu bekommen, das mit einem langen Nervenfaden vereint ist. Dieses Bein wird von einer gefirnißten Röhre getragen. Sind diese Vorbereitungen getroffen, so macht man einen Einschnitt in einen Muskel eines lebenden Thieres und läßt in das Innere den Nerven des Beines, den man vermittelst der gläsernen Röhre isolirt hält, hineinhängen. Bewegt man den Nervenfaden nur sehr wenig, so erhält man sogleich starke Contraktionen in dem Frosche, die sich immer zeigen, wenn einer von den Punkten des Nervenfadens den Boden der Wunde berührt und ein anderer Punkt mit den Rändern in Contakt ist. Matteucci schreibt die in diesem Falle hervorgebrachten Erscheinungen, einem elektrischen Strome zu, der in den Nervenfäden cirkulirt und von den verschiedenen Muskeltheilen des lebenden Thieres herkommt.

Er gründet sich in dieser Beziehung auf die Thatsache, daß man, wenn der Faden sorgfältig präparirt ist, es niemals dahin bringe, das Bein zu Contraktionen zu bringen, wenn man einen Bogen mit zwei Punkten dieses Nervens und einer leitenden Flüssigkeit bildet, die nicht im Stande ist, den Nerven zu reizen. Die so eben angegebene Erscheinung zeigt sich lange Zeit, sogar an Muskelmassen, die von dem Thiere getrennt sind; vorzüglich der Frosch behält dieses Vermögen am längsten. Nach Matteucci erleidet dieses Beharren in Hervorbringung dieser Erscheinungen mit der Jahreszeit und dem Lebenszustande des Thieres Veränderungen; es ist noch im Winter 12 bis 15 Stunden nach dem Tode, selbst wenn sich keine Contraktionen mehr zeigen, vorhanden. Ist die Erscheinung einmal vernichtet, so erzeugt sie sich nicht wieder, wenn man die Wunde mit einer nicht reizenden Flüssigkeit benetzt. Demnach darf ihre Nichterzeugung keinem Vertrocknen der Theile zugeschrieben werden. Wir wollen noch eine Thatsache anführen, welche in einem lebenden warmblütigen Thiere das Dasein eines Stromes, der dem des Frosches ähnlich ist, außer Zweifel setzt. Man löst die beiden Schenkel eines kräftigen Kaninchen ab und präparirt schnell einen ziemlich langen Theil von dem Nerven dieser Schenkel. Man hebt diesen Nerven mit einer Glasröhre in die Höhe und läßt ihn sodann auf die Muskelmasse der Beine fallen; der Schenkel zieht sich immer in der Zeit von 2 bis 3 Minuten stark zusammen. Eine Säule, welche dadurch gebildet wird, daß man den Nerven von einem der Schenkel auf den Muskel des andern und so weiter legt, gibt Erscheinungen, welche denen von der mit dem Frosche gebildeten Säule sehr ähnlich sind.

Paccinotti und Puccinotti hatten bereits Versuche angestellt, welche zu den vorhergehenden gehören: sie brachten eine von den Platten eines Multipli-

tors in das Hirn eines lebenden Thieres und die andere in einen Muskel; sie beobachteten einen Strom, der von dem Gehirne zum Muskel ging. Derselbe Versuch, der von Matteucci mit Kaninchen und Tauben wiederholt wurde, gab ihm Abweichungen, die bis auf 90° gingen; es verhielt sich in Beziehung auf die Intensität und auf die Abweichung noch eben so, als er eine von den Platten in das Gehirn versenkte und die andere auf die Oberfläche des Muskels legte.

Aehnliche Ströme erhielt man gleichfalls, als man den Muskel der Brust oder des Schenkels eines lebenden Thieres entblößte, in einen gemachten Einschnitt eine von den Platten steckte und die andere auf die entblößte Fläche legte; der Strom ging von Innen nach Außen. Wir müssen bemerken, daß es unerläßlich ist, sich vor den Ursachen in Acht zu nehmen, welche sekundäre Ströme vor dem Versuche hervorbringen können, wie z. B. die Polarität der Platinplatten. Um aber noch deutlicher zu zeigen, daß das Phänomen keinen sekundären Ursachen zugeschrieben werden könne, erbaute Matteucci Säulen aus den Theilen selber, welche einen Strom in den lebenden Thieren hervorbringen. Zu diesem Ende zog er Schenkel von frisch getödteten Tauben ab und machte daraus Säulen, indem er sie in kleine Gläser mit Salzwasser so tauchte, daß in jedem kleinen Glase der Muskel von einem der Schenkel, der seiner Nervenfasern beraubt oder nicht beraubt war und die Flechse des Beines, die zu dem darauf folgenden Schenkel gehörte, versenkt waren. Die gebrauchte Flüssigkeit war bald etwas salziges, bald etwas säuerliches Wasser. Diese Säule gab immer mit dem Multiplikator die Zeichen eines Stromes, der beständig in dem Thiere von der Muskelmasse des Schenkels oder des verästeten Nerven, an die äußere Oberfläche der Muskeln des Beines geht. Dieser

Strom, der eine entgegengesetzte Richtung mit dem eigenthümlichen Strome des Frosches hat, nimmt nicht in dem Verhältnisse zu den Muskelmassen, die ihn hervorbringen, wohl aber mit der Zahl der Elemente, woraus die Säule besteht, zu. Folgendes sind die Resultate der Vergleichung der Erscheinungen, die man mit Fröschen und warmblütigen Thieren erhielt: 1) bei beiden findet ein elektrischer Strom Statt, wenn der innere Theil einer Muskelfläche und seine äußere Fläche mit einem Metallbogen in Verbindung gesetzt sind; 2) der Nerve, der zu einer Muskelmasse gehört und das ganze Gehirnsystem können den Dienst des inneren Theils des Muskels, in welchem der Nerve vertheilt ist, versehen; 3) der Strom geht von dem Inneren des Muskels oder Nervens an die Oberfläche oder seine Flechse. Wir fügen endlich noch bei, daß der eigenthümliche Strom einige Zeit nach dem Tode des Thiers und um so schneller aufhört, je höher die Stufe ist, auf welcher es auf der animalischen Rangleiter steht. Woher mag wohl dieser eigenthümliche Strom entweder bei den Fröschen oder bei den warmblütigen Thieren kommen, dessen Dasein uns durch eine so große Menge von Thatsachen bezeugt wird? Wir werden weiter unten die Ursache davon angeben, auf welche man wahrscheinlich auch die elektrischen Ströme zurückführen muß, welche Donné beobachtete, als er auf die Haut eine Platinplatte, die mit einem von den Endpunkten eines Multiplikators in Verbindung stand und in den Mund eine andere Platte legte, welche mit dem andern Ende communizirte, oder sie auch in den Magen eines Kaninchen oder irgend eines andern Thieres und die andere in die Leber brachte. Bei dem ersten Versuche hatte man, da der Mund alkalinisch ist, und die Haut eine saure Flüssigkeit ausscheidet, geschlossen, daß der Strom von der Reaktion des Speichels auf die umgebenden Flüs-

sigkeiten und von der der sauren Flüssigkeit auf die anliegenden Theile herrühre. Eben so verhielt es sich bei dem zweiten Versuche, weil der Magen eine Säure und die Leber eine alkalinische Flüssigkeit ausscheidet.

Man verdankt Matteucci die Beobachtung einer merkwürdigen Thatsache, die sich auf den eigenthümlichen Strom des Frosches bezieht, und die wir hier anzuführen, uns nicht enthalten können. Man legt auf die Isolirebene einen nach Galvani's Weise präparirten Frosch, sodann präparirt man einen andern so, daß er nur ein Bein mit dem Nervenfaden oder Nervenbüschel hat. Man legt diesen Nerven auf die Schenkel des ersten Frosches so, daß die Faser des Beines, an welchem er hängt, die Schenkel nicht berührt und nicht gespannt sei. Bewirkt man bei dem Frosche dadurch Contraktionen, daß man einen Strom in den Lendennerven gehen läßt, so sieht man, wie sich augenblicklich das Bein zusammenzieht, dessen Nerve auf einem Muskel liegt. Diese Erscheinung findet auch Statt, wenn man dadurch Contraktionen bei dem Frosche bewirkt, daß man die Lendennerven auf eine mechanische Weise reizt; der Versuch gelingt auch, wenn man den Nerven auf die Schenkelmuskeln eines lebendigen Kaninchens legt, die man sodann auf irgend eine Weise zu Contraktionen bringt.

Die Contraktionen zeigen sich nicht, wenn man ein sehr dünnes Goldblättchen oder auch einen isolirenden Körper zwischen die Muskeln und den Nerven legt, während das Phänomen, wenn man statt des Goldblättchens einen Streifen sehr feinen Papiers nimmt, zum Vorschein kommt. Ohne allen Zweifel muß man es einem abgeleiteten Strome zuschreiben. Woher kommt er aber? In dieser Beziehung können wir Folgendes sagen. In dem Augenblicke, wo sich der Frosch zusammenzieht, dürfen

wir glauben, daß eine elektrische Entladung stattfinde, wovon ein Theil durch die Extremität des Nervens von dem Beine geht, wenn diese Extremität auf dem Muskel liegt oder von demselben nur durch einen Streifen feuchten Papiers getrennt ist, und demnach affizirt sie diesen Nerven so, daß er Contraktionen in dem Beine veranlaßt. Mit dem Goldblättchen verhält es sich schon nicht mehr so, weil die ganze Ladung, da jenes leitender als der Nerve ist durch dasselbe hindurch geht; eine Thatsache, welche mit derjenigen analog ist, die man beobachtet, wenn man einen Krampfsisch auf eine Metallplatte legt, die man in der Hand hält: in diesem Falle geht die Entladung in das Metall und nicht in die Hand; endlich hindert die Dazwischenlegung eines isolirenden Papieres den Strom, durch den Nerven hindurchzugehen. Alle diese Erscheinungen können nur durch abgeleitete Ströme hervorgebracht werden. Demnach möchte es scheinen, daß in dem Augenblicke, wo sich der Muskel zusammenzieht, die Hervorbringung einer Entladung stattfindet. Diese Beobachtung Matteucci's ist, wie man sieht, für die Physiologie nicht ohne Wichtigkeit.

Nichts beweist bis jetzt, daß die Elektricität in den in den Muskeln der lebenden Thiere verbreiteten Nervenfasern so cirkulire, daß sie entweder mit dem Multiplikator oder mit dem Frosche abgeleitete Ströme gebe. Alles, was man aus den gesammelten Thatsachen schließen kann, besteht, wie Matteucci sehr richtig bemerkt, darin, daß sich die Ursachen, welche den Strom bewirken, in den Muskelmassen befinden und daß man nur dadurch einen Strom erhält, wenn man eine Kette mit irgend einem Conduktor zwischen Theilen dieser Massen, die wahrscheinlich an Struktur und Verrichtung unter sich verschieden sind, herstellt. Es scheint überdies, daß die Ursache des Stromes besonders in der Organisation

der lebenden Muskelfaser, so wie in der Wirkung, welche sie auch sein mag, die sie in ihrem organischen Zustande erhält und demnach in der Elektricitätsentwicklung liege, welche während der physikochemischen Wirkung der Ernährung hervorgebracht wird. Matteucci drückt sich in dieser Hinsicht folgendermaßen aus:

„Das arterielle Blut wird im Contakte mit der Muskelfaser unter dem nervösen Einflusse verändert und es tritt auch eine Veränderung in der Muskelfaser selbst ein; diese Wirkung muß Elektricität entwickeln, die sich darum in keinen elektrischen Strom verwandelt, so wie es auch keinen elektrischen Strom gibt, der durch die chemische Wirkung einer sauren Flüssigkeit auf eine in dieselbe getauchte Zinkplatte hervorgebracht wird; in diesem Falle nehmen wir an, daß die Elektricitätsentwicklung sehr groß ist, daß aber die beiden entgegengesetzten Elektricitäten unmittelbar auf der Oberfläche der beiden Körper selbst, welche sie entwickeln, wieder zusammengesetzt werden. Damit der Strom existire, muß man einen Leitungsbogen zwischen der Flüssigkeit und dem angegriffenen Metalle herstellen. Bei allen beschriebenen und mit den Fröschen und andern Thieren angestellten Versuchen erhalten wir den Strom dadurch, daß wir diesen Bogen mit dem Drahte des Galvanometers oder mit den Theilen der Frösche selbst bilden. Das Nervensystem wirkt bei diesen Versuchen auf zwei ganz verschiedene Arten, d. h. auf eine rein physische und auf eine andere Weise, die wir physiologisch nennen wollen. Jeder Nerve stellt alle Punkte der Muskelmasse, in die er sich vertheilt, vor und verrichtet dadurch den nämlichen Dienst, wie ein Metalldraht, den man sich mit einer sehr großen Menge von Verästungen in einem Muskel vertheilt denkt; das Nervensystem wirkt eben so für die Erhaltung der Ursache, wie die Elektricität, denn die

Ernährung wird unter ihrem Einflusse bewerkstelligt. Dazu ist die Integrität des Nervensystems bei der Erzeugung des elektrischen Stroms der Thiere nicht unmittelbar, aber doch mehr oder weniger je nachdem das Leben des Thieres mehr oder weniger centralisirt ist, erforderlich."

Siebentes Kapitel.

Von den Contraktionen, die man durch den Metallreiz an dem Menschen und den großen Thieren nach einem gewaltsamen Tode erhalten hat; Theorie der Contraktionen.

Seit den wichtigen Entdeckungen Galvani's und Volta's vervielfältigte man die Versuche in der Absicht, zu beweisen, daß man vermittelst der Elektricität die Bewegungen und Contraktionen, die von dem Akte des Willens abhängen, reproduziren könne. Galvani experimentirte mit dem Kopfe eines frisch geschlachteten Ochsen mit einem Säulenapparate, der aus Silber- und Zinkelementen bestand und mit Salzwasser geladen war. Ein Ohr wurde mit dem einen Pole und der andere mit dem Nasenloche in Verbindung gesetzt; sogleich öffneten sich die Augen, die Ohren richteten sich in die Höhe, die Zunge bewegte sich und die Nasenlöcher bliesen sich auf.

Aldini zeigte sodann, daß man, wenn man die stärksten Contraktionen erhalten wolle, den Bogen von den Ohren zum Rückenmark anbringen müsse; in diesem Falle öffneten sich die Augenlieder, der Augapfel rollte wie in der heftigsten Wuth herum. Als Dr. Andrew Ure mit dem Körper eines Gehenkten unmittelbar nach der Hinrichtung mit einer Säule von 270 Platten, die mit Wasser geladen wurde, das mit Schwefel- und Salpetersäure gesäuert war, und wovon ein Pol mit dem Rückenmarke, der andere

mit dem Hüftnerven in Verbindung stand, operirte, so zogen sich in demselben Augenblicke alle Muskeln des Körpers in convulsivischen Bewegungen zusammen. Als er einen von den Leitern von der Hüfte gegen die Ferse bewegte, da das Knie gebogen war, so wurde das Bein mit einer solchen Heftigkeit ausgestreckt, daß es beinahe eine Person umwarf, welche es versucht hatte, der Ausstreckung zuvorzukommen. Ure gelang es, bis auf einen gewissen Punkt, das Spiel der Lungen nachzumachen; als er den Strom vom Rückenmarke zu dem Ellenbogennerven gehen ließ, so sah man sogleich, wie sich die Finger mit Leichtigkeit bewegten; ließ er die Entladung von dem einen Ohre zum andern gehen, indem er beide mit Salzwasser befeuchtete, so erlitten die Gesichtsmuskeln gräuliche Contraktionen; die Wirkung der Augenlieder war sehr auffallend. Diese Bewegungen waren verzerrt und stellten nur unvollkommen diejenigen vor, welche unter der Herrschaft des Lebens stattfinden. Aldini's Versuche enthalten nichts über den Menschen nach dem natürlichin Tode; der Grund davon ist, daß, da er langsam kommt, die Lebensverrichtungen nach und nach aufgehört hatten.

Theorie der von den physischen Agentien herrührenden Contraktionen, auf die bekannten Hauptthatsachen gegründet.

Wir haben uns bemüht, dem Leser die wichtigsten Thatsachen in Beziehung auf die physiologische Wirkung der Elektricität vor Augen zu legen. Wir haben jetzt nur noch die Theorie der Contraktionen, so wie wir dieselbe uns denken, vorzutragen.

Man sah, daß man, um einen Muskel zu Contraktionen zu bringen, den entsprechenden Nerven in irgend einem Punkte seines Ganges, mit einem Aetzmittel, einem Skalpelle, der Wärme, der Elektri-

cität u. s. w. reizen müsse. Diese Eigenschaft des Nerven gibt uns zu erkennen, daß es nur einer Verrückung einiger seiner organischen Theile bedürfe, um eine allgemeine Erschütterung aller andern zu bewirken, welche unmittelbar zu den organischen Partikelchen des Muskels durch Vermittlung der Nervenverzweigungen fortgepflanzt wird. Um diese Fortpflanzung der Bewegung zu begreifen, muß man sich dessen erinnern, was wir in Beziehung auf die Constitution der Nerven und der Muskeln so wie über die Eigenschaften gesagt haben, welche die ersten kund geben, wenn elektrische Ströme durch dieselbe hindurchgehen.

Man hat gesehen, daß die unter dem Nevrilemon enthaltene nervöse Materie aus einer großen Anzahl kleiner, paralleler Fasern besteht, in welchen man Fibern unterscheidet, die aus Elementarkügelchen gebildet sind. Der Muskel scheint eine analoge Constitution zu haben, weil er aus mehreren Ordnungen von Fibern besteht, wovon die einfachste aus einer Reihe von Kügelchen von demselben Durchmesser besteht.

Auf der andern Seite enthüllen uns die physiologischen Erscheinungen, die unter dem Einflusse der Elektricität hervorgebracht werden, eine äußerst wichtige Thatsache, daß nämlich der Nerve keine homogene Constitution in den beiden Richtungen seiner Länge habe, weil ein elektrischer Strom von keiner sehr beträchtlichen Intensität durch denselben in der Richtung seiner Verzweigungen leicht hindurchgeht und Contraktionen hervorbringt, während in der entgegengesetzten Richtung Schmerz entsteht. Nun wissen wir auf der andern Seite, daß, wenn die positive Elektricität in einer mittelmäßig leitenden Flüssigkeit fortgeht, und auf ihrem Wege Hindernisse antrifft, welche ihren Gang hemmen, sie dieselbe vor sich her treibt, sie sogar niederwirft, während die

negative Elektricität nichts Aehnliches, wenigstens zwischen gewissen Gränzen hervorbringt. Stellt man diese Beobachtung mit der vorhergehenden zusammen, so kann man daraus folgern, daß, wenn der Strom in einer mit den Nervenverzweigungen entgegengesetzten Richtung geht, derselbe, wenn er Hindernisse antrifft, die seinen Gang aufhalten, sich anstrengen müsse, sie zu entfernen.

Als uns ein Versuch ferner gezeigt hatte, daß ein in irgend einem Punkte seines Ganges erschütterter oder in der Richtung seiner Verzweigungen von einem elektrischen Strome durchlaufener Nerve weder eine Contraktion noch eine augenscheinliche Störung selbst dann erleidet, wenn der Muskel stark bewegt wird, so müssen wir annehmen, daß seine Wirkung darin bestehe, einen gegebenen Impuls schnell auf die Muskeln fortzupflanzen, wie dies auf eine fast ähnliche Weise eine elfenbeinerne Kugel thut, die mit einer Reihe von in gerader Linie mit ihr liegenden Kugeln im Contakte ist und ihnen allen nach der Reihe bis auf die letzte die ihr gegebene Größe der Bewegung mittheilt, ohne daß die dazwischen liegenden Kugeln irgend eine Störung erleiden. Die faserige und kugelartige Organisation des Nerven rechtfertigt diese Vergleichung jedoch unter der Voraussetzung, daß die Elementarkügelchen eine vollkommene Elasticität besitzen.

Da sich diese Erschütterung schnell auf alle Nervenfasern fortpflanzt, womit jede Muskelfiber versehen ist, so erregt sie bei dieser Zusammenziehungen. Da sich auch wirklich die Muskelfibern in einer auffallend senkrechten Richtung mit der der Nervenfäden befinden, so müssen sie eine ziemlich bedeutende Verrückung erleiden, wenn die constituirenden Theile dieser letztern erschüttert werden. Auf diese Art kann man sich die Erscheinung der Contraktionen auf eine mechanische Weise denken, d. h. daß man nur die

materiellen Partikelchen der Nerven und der Muskeln vermittelst der gewöhnlichen Reizmittel ins Spiel bringt.

Soll die Elektricität dabei eintreten, so muß man Erscheinungen derselben Art bekommen; auch haben sie mehr Intensität, wenn ein Strom durch einen Nerven geht. Was geht alsdann vor? Dieser Strom erschüttert auf der Stelle diese organischen Moleküle, entfernt sie von einander, und hält sie widernatürlich ausgespannt. Dies wissen wir von den mechanischen Wirkungen der Elektricität.

Diese Spannung dauert die ganze Zeit hindurch, als der Strom cirkulirt und es zeigen sich alsdann keine Contraktionen. Oeffnet man aber die Kette, so zeigen sich augenblicklich Contraktionen, welche von der unmittelbaren Rückkehr derselben Theile in ihren primitiven Gleichgewichtszustand herrühren, wofern nur jene Spannung von kurzer Dauer und schwacher Intensität war. Denn da sich in dem entgegengesetzten Falle die organischen Theile lange in einem erzwungenen Zustande befinden, so begeben sie sich in den der Ruhe erst nach Verlauf einer gewissen Zeit. Man muß, wohl verstanden, annehmen, daß der Durchgang der Elektricität keine Unordnung hervorgebracht habe, die von physischen oder chemischen Wirkungen herrührt. Man erklärt es sich leicht, warum die physiologischen Wirkungen energischer sind, als die, welche andere Erregungsmittel hervorbringen, die an irgend einem Punkte angebracht wurden, während alle andere Reizmittel nur an einigen Punkten angebracht werden können.

Die bis jetzt angestellten Beobachtungen zeigen uns also die organischen Moleküle der Muskeln und Nerven so, als befinden sie sich in einem unbeständigen Gleichgewichtszustande, den die unbedeutendste Ursache stört. Da diese Unbeständigkeit sogleich aufhört, wenn dieselben Partikelchen dem Einflusse der

der unorganischen Natur eigenthümlichen Kräfte unterworfen werden, so wäre sie also eines von den Attributen des Lebens.

Achtes Kapitel.

Anwendung der Elektricität bei dem Studium der Physiologie.

Von der Anwendung der Elektricität, um die Bewegungsnerven von den Empfindungsnerven zu unterscheiden.

Bei allen Versuchen, die wir in Beziehung auf den Einfluß der Elektricität in Erzeugung von Contraktionen oder schmerzlichen Empfindungen angeführt haben, haben wir von den Agentien der Bewegung und Empfindung, die ihren Sitz im Nervensysteme haben und welche die Elektricität gleichfalls in Thätigkeit setzt, abstrahirt. Diese Unterscheidung muß von dem Physiker in Betracht gezogen werden, denn sonst setzt er sich der Gefahr aus, einer besondern Eigenschaft der Elektricität Wirkungen zuzuschreiben, welche nur das Resultat ihrer Wirkung auf jedes der beiden in Frage stehenden Nervensysteme sind.

Karl Lebel hat zuerst das Dasein dieser beiden Nervensysteme angegeben, welche sodann von Magendie und Müller und in der neuesten Zeit von Longet untersucht wurden, dessen Versuche die Zweifel zerstreuten, welche die Physiologen noch in Hinsicht einiger darauf Bezug habender Erscheinungen hatten.

Die Hauptsache besteht darin. Wenn man fast quer in die Dicke einer Nervenschnur, die so eben von der Gehirn-Rückgratsachse getrennt wurde, einen

Strom gehen läßt, so ziehen sich die Muskeln nur in so weit zusammen, als diese Schnur die Funktion hat, die Bewegung zu lenken. Es findet im Gegentheile keine Contraktion Statt, wenn sie der Empfindung vorsteht. Um diese doppelte Wirkung augenscheinlich zu machen, darf der Strom nicht zu intensiv sein, denn sonst würde er, wenn man mit den hintern Wurzeln operirte, in die vordere übergehen. Die Elektricität kommt also dem Physiologen dadurch zu Hülfe, daß sie ihm ein Agens in die Hände gibt, mit dessen Hülfe er die Nervenfäden der Bewegung und die der Empfindung, die sich unter einander anastomosiren, unterscheiden kann. Wir wollen nach Longet einige Beispiele von diesen beiden Arten von Nervenfäden anführen. Verzweigungen des Gesichtsnerven und des nervenknotigen Theils des dreifachen Nerven gehen in die Gesichtsmuskeln; der Gesichtsnerve ist ein Bewegungs-, der dreifache Nerve, ein Empfindungsnerve; läßt man in beide nacheinander einen Querstrom gehen, so erhält man mit dem ersten Contraktion der Züge, mit dem andern unbedingte Unbeweglichkeit. Die Versuche zu Unterscheidung der Bewegungs- und Empfindungsnerven sind in derselben Richtung mit den Wurzeln der Rückgratsnerven, mit den verschiedenen Schädelnerven, mit dem großen sympathischen Nerven, mit dem Rückenmarke und dem im Kopfe befindlichen Nerven angestellt worden.

Müller hatte im Jahre 1731 bewiesen, daß die Erregung der hintern Wurzeln der Rückgratsnerven vermittelst der Querströmungen in dem Frosche nie Schmerz, und die der vordern Wurzeln Contraktionen hervorbringe. Longet zeigte deutlich bei andern Thieren, z. B. bei dem Hunde, die verschiedenen Eigenschaften der Rückgratswurzeln in den Schädel- und am Kopfe befindlichen Nerven.

Magendie hatte gefunden, daß die Nerven einer

besondern Empfindung durch mechanisches Reizen keinen Schmerz hervorbringen. Longet zeigte, daß es sich eben so unter dem Einflusse der Elektricität verhalte. Man kann auf diese Nerven 1) die von Volta beobachteten Erscheinungen, welcher zu gleicher Zeit das Innere des Mundes und die innere Fläche der Augenlieder armirte, in welchem Falle man eine einen Geschmack habende und leuchtende Empfindung hat; 2) das, was vorgeht, wenn man einen Strom von einem Ohre zum andern leitet, woraus ein bestimmter Ton entsteht; 3) die Art von Phosphorgeruch beziehen, den man wahrnimmt, wenn man vermittelst der Elektricität der Nasenhöhlen reizt.

Die Nerven der allgemeinen Empfindung sind der Gegenstand eines gründlichen Studiums von Seite Longet's gewesen; um aber die von ihm erhaltenen Resultate kennen zu lehren, müßte man sich in physiologische Ausführlichkeiten einlassen, welche nicht hieher gehören. Unser Zweck geht bloß dahin, einige allgemeine Thatsachen anzuführen, welche uns die Rolle erkennen lassen, die die Elektricität in Beziehung auf die beiden Arten von Nerven spielt, mit denen wir uns beschäftigen. Wir wollen indessen bei dem großen sympathischen Nerven wegen seiner Wichtigkeit in den Lebenserscheinungen stehen bleiben. Mehreren Physiologen war es schon gelungen, das Herz zu Contraktionen zu bringen, wenn man einen elektrischen Strom durch den zum Nacken gehörigen Theil des großen sympathischen Nerven gehen läßt. Als Burdach die großen Eingeweidenerven bei Hunden galvanisirte, so gelang es ihm, die Bewegungen des Darmkanals bisweilen sehr energisch zu wecken, wenn der Darm Nahrungsstoffe enthielt, während die Wirkung null war, wenn er leer war. Longet beobachtete ähnliche Erscheinungen in Beziehung auf den Einfluß des achten Paares auf die Bewegungen des Magens.

Bei der Wirkung der Elektricität auf das centrale Nervensystem gingen Longet's Versuche besonders auf das Rückenmark und das Encephalum. Nachdem er wagrecht mit dem letzten Rückenwirbel das Rückenmark so in die Quere durchschnitten hatte, daß er zwei Segmente erhielte, wovon das eine zum Schwanze, das andere zum Kopfe gehört, so erhielt er mit der elektrischen Wirkung auf die verschiedenen Theile des zum Schwanze gehörigen Segments folgende Resultate: 1) Hinterer Büschel. Als er einige Minuten nach gemachter Sektion die beiden Pole einer schwach geladenen Säule zuerst auf einen hintern Büschel legte, und nachdem er sodann einen Pol auf einen Büschel und den andern auf einen andern hinteren Büschel gebracht hatte, so zeigten die unteren Glieder in beiden Fällen keine Spur von Contraktion. 2) Vorderer Büschel. Als er auf die ähnliche Art mit einem oder mit zwei Büscheln operirte, so entstanden lebhafte Muskelzusammenziehungen bloß in einem oder in beiden Bauchgliedern zugleich.

Als Longet in Beziehung auf das Encephalum mit Hülfe schwacher Strömungen in die graue peripherische oder Rindensubstanz entweder der Gehirnlappen oder des Gehirns an dem Hunde oder Kaninchen operirte, so erhielt er durchaus keine Spur von Zusammenziehung oder Schmerz; eben so verhielt es sich auch, als er auf die weiße oder Marksubstanz wirkte, wofern nur das Rückenmark nicht von den Strömen affizirt wurde; als er hingegen auf die vier Zwillingshöckerchen wirkte, so erhielt er Contraktionen in den Gliedern, wie in der Iris.

Da das Dasein der Bewegungs- und der Empfindungsnerven gehörig nachgewiesen ist, so kann man sich fragen, ob bei dem Marianinischen Versuche, wodurch man beweist, daß, wenn der Strom in dem Frosche vom Kopfe zu den Extremitäten geht,

Contraktraktion, und Schmerz stattfindet, wenn er eine entgegengesetzte Richtung hat, man kann sich fragen, sagen wir, ob diese beiden Erscheinungen nicht von der Wirkung abhängen, welche die Elektricität auf diese zwei Nervenarten ausübt. Wir meinen es nicht, und zwar aus folgenden Gründen. Da der Frosch bei den beiden Versuchen beständig in der nämlichen Lage bleibt, so werden die Bewegungs- und Empfindungsnerven zu gleicher Zeit von dem Strome affizirt, der bald in der einen, bald in der andern Richtung geht; man müßte also annehmen, daß jede Art von Nerven nach der Richtung des Stromes eine verschiedene Wirkung erhalte, d. h. daß bei den Bewegungsnerven Contraktion stattfinden würde, wenn der Strom von dem Kopfe zu den Füßen; und keine Erscheinung, wenn er in umgekehrter Richtung geht, nun rechtfertigt der Versuch diese Voraussetzung nicht. Wie dem nun auch sei, so muß man bei den Versuchen, wo man zum Zwecke hat, die Contraktions- und Empfindungserscheinungen zu beobachten, die vermittelst der elektrischen Kräfte hervorgebracht werden, auf die Funktionen Rücksicht nehmen, welche die Bewegungs- und Empfindungsnerven verrichten.

Wirkung der Ströme auf verschiedene Gewebe.

Iris. — Diese Haut zieht sich mit einer außerordentlichen Leichtigkeit unter dem Einflusse der Ströme zusammen, wie dies Fowler, Reinhold und Nysten gezeigt haben.

Arterien und Venen. — Die große Schlagader wird, nach Nysten, von dem Strome durchaus nicht merklich affizirt, während die Hohladern in der Nähe des Herzohrs merklich affizirt werden; da sie aber bei großen Thieren an sehr wahrnehmbaren

Muskelfasern adhäriren, so beweisen die Versuche in Beziehung auf die Venen, welche für die Volta'sche Wirkung unempfindlich sind, nichts.

Brustgang. — Keine Contraktionen.

Ausführender Drüsenkanal. — Man erhielt bald Contraktionen, bald negative Erscheinungen.

Haut und schwammige Körper. — Keine Contraktionen.

Samenblase. — Die des Meerschweinchens zieht sich nach Art einer peristaltischen Bewegung, welche der der Eingeweide ähnlich ist, zusammen.

Schwingende Wimper. — Man nennt so die schwingenden Bewegungen, die sich im Leben und einige Zeit nach dem Tode auf gewissen schleimigen Oberflächen zeigen. Wenn der Strom eine gewisse Energie hat, so besitzt er die Eigenschaft, diese Bewegungen aufhören zu machen, welche nach einigen Augenblicken der Ruhe wieder anfangen, wie wir dies an den Schleimhäuten der Auster beobachteten. Es versteht sich von selbst, daß bei allen diesen Versuchen der Strom nicht so viel Energie besitzen dürfe, um die Körper, mit denen man experimentirt, zu desorganisiren.

Von den Eindrücken, welche der Durchgang des Stroms auf die Nerven hervorbringt.

Der Strom erzeugt Empfindungen, welche von der Natur des affizirten Organs abhängen; er bringt in dem Ohre die Empfindung des Schalls hervor. Als Volta von einem Ohre in das andere, die Entladung von 40 Paaren gehen ließ, so empfand er eine solche Erschütterung in dem Gehirne, daß er ein Zischen hörte, das dem einer kochenden klebrigen Materie ähnlich war. Ritter hörte in dem Augen-

blicke des Schließens der Kette einen Ton, der dem G^3 entsprach. Als er nur ein Ohr in der Kette hatte, ließ ihn der eine Pol einen tiefern und der andere einen höheren Ton hören. Man kann die Lichterscheinung dadurch hervorbringen, daß man die beiden Flächen der Zunge, die eine mit einer Zink-, die andere mit einer Kupferplatte armirt, und die beiden Platten in Contakt bringt; man kann sie gleichfalls dadurch hervorbringen, daß man eine Armatur auf jedes Auge, oder eine in die Nasenhöhlen und die andere an eines von den beiden Augen, oder auch die eine an die Zunge und die andere an das obere Zahnfleisch legt.

Als Humboldt diesen Versuch wiederholte, der von Hunter herrührt, so empfand er zu verschiedenen Malen an sich selbst eine augenblickliche Schwäche der Augen und sogar ein Brennen, das viele Aehnlichkeit mit dem hat, das man empfindet, wenn sie durch das Lesen ermüdet sind.

Doktor Monro war für die galvanische Wirkung so empfindlich, daß er aus der Nase blutete, wenn er ein Stück Zink, das er in die Nasenhöhlen gelegt hatte, mit einer auf der Zunge liegenden Kupferplatte in Contakt brachte: Der Blutfluß fing an, so wie sich das Leuchten zeigte.

Was die Wirkung des Stroms auf die Geschmacksorgane anbetrifft, so entspringt sie zum Theile aus dem Eindrucke, der von den sauren und alkalinischen Stoffen herrührt, die durch den Strom getrennt werden und der auf die Zunge wirkt. So fand Volta, als er den Geschmack analysirte, der auf diesem Organe hervorgebracht wurde, wenn man den obern und untern Theil metallisch armirte, daß der Geschmack von dem brennend sauren bis zum alkalinisch bittern verschieden sei. Um endlich das zu vervollständigen, was wir in Beziehung auf die von der Elektricität hervorgebrachten Empfindungen zu

sagen haben, führen wir die Versuche Humboldts an, welche berühmt geworden sind. Humboldt ließ sich auf die deltaförmigen Muskeln zwei Blasenpflaster setzen und auf die beiden Wunden zwei metallische Armaturen legen. In dem Augenblicke, wo die beiden Metallplatten in Contakt gebracht wurden, zogen sich die Schulter- und Halsmuskeln wechselsweise zusammen und es entstand daraus ein heftiges Brennen; sobald als die von dem Blasenpflaster gemachte Blase geöffnet wurde, so unterschied v. Humboldt 3 bis 4 einfache Schläge. Da die beiden Wunden eine halbe Stunde an der Luft geblieben waren und sich das Malpighische Netz verhärtet hatte, so brachte der Contakt nur noch eine einzige Contraktion hervor. Als man einige Tropfen einer alkalinischen Lösung auf eines von den Metallen schüttete, so wurden die Schmerzen sehr heftig und die Contraktionen erneuerten sich in der Zeit von 1 oder 2 Sekunden mehreremale hintereinander, während das Brennen ohne Unterbrechung und in demselben Grade fortdauerte, so lange als die Kette geschlossen blieb. Diese schmerzliche Empfindung rührte sehr wahrscheinlich von der Wirkung der Säuren und Alkalien her, welche durch die zersetzende Wirkung des Stroms frei gemacht worden waren. Bei dem ersten Versuche ließ Humboldt den Strom in den Mund zwischen der Oberlippe und den Zähnen gehen; in dem Augenblicke, wo die Kette geschlossen wurde, zog sich der trapezähnliche Muskel sehr energisch zusammen; er empfand alsdann ein Brennen und ein schmerzliches Pulsiren in der Schulter, und bemerkte vor seinen Augen ein Leuchten, wie einen Blitz.

Aus allen diesen Beobachtungen geht augenscheinlich hervor, daß, wenn man die von der Elektricität hervorgebrachten Empfindungen zu analysiren sucht, man immer auf zwei Sachen Rücksicht nehmen müsse: auf die physiologische Wirkung, welche die Erschüt-

terung, die Erregung des Nervensystems hervorbringt, und auf die Erscheinung, welche aus der chemischen Wirkung entspringt, welche die durch die elektrochemische Wirkung getrennten sauren und alkalinischen Agentien hervorbringen. Diese beiden Erscheinungen kommen immer mit einander vor; die erste kann aber dadurch von der zweiten unterschieden werden, daß diese in den ersten Augenblicken sehr schwach ist. Die Personen, welche die Elektricität auf die Medizin anzuwenden suchen, lassen leider diesen Unterschied nicht gelten; bei ihnen gibt es nur eine einzige Wirkung, und doch verhält es sich nicht so. Es können Nachtheile daraus entspringen, daß man keine Rücksicht darauf nimmt. Wir werden wieder darauf zurückkommen, wenn wir von den Anwendungen des Galvanismus auf die Heilkunde sprechen.

Neuntes Kapitel.

Von den elektrischen Fischen.

Aus dem Vortrage, den wir über die physiologische Wirkung der Elektricität gehalten haben, konnte der Leser ersehen, wie weit die Elektricität bei den Lebenserscheinungen ins Spiel kommen könne. Bringt man es aber einmal dahin, zu entdecken, daß ihr Einfluß größer ist, als der, den wir ihr bis jetzt beilegen, so wird dies ohne Zweifel dadurch geschehen, daß man die sonderbare Eigenschaft gewisser Fische studirt, eine der Leydnerflasche ähnliche Erschütterung zu geben, wenn man sie mit der Hand berührt, und daß man die hervorgebrachten Erscheinungen mit denen zusammenstellt, die man mit den andern Thieren vermittelst der elektrischen Kräfte erhält. Wir haben durchaus nicht die Absicht, einen

historischen Abriß von den Erscheinungen zu geben, die von den elektrischen Fischen hervorgebracht werden, Erscheinungen, die zum Theile schon in dem hohen Alterthume besonders in Beziehung auf den Krampfisch bekannt waren. Hier soll bloß von den allgemeinen Erscheinungen, so wie von ihrer Analyse die Rede sein.

Man unterscheidet drei Arten elektrischer Fische: den Kahlrücken, den Krampfisch und den Wels, welche eine Erschütterung geben, wenn man sie an gewissen Theilen reizt, wofern man sie nur nicht mit einem nichtleitenden Körper der Elektricität berührt. Humboldt, welcher die Wirkungen des Kahlrückens in dem Canno von Bera in Amerika beobachtete, hat gefunden, daß, wenn sich zwei isolirte oder nicht isolirte Personen die Hand geben und die eine von ihnen bloß den Fisch berührt, beide die Erschütterung empfinden. Die kräftigsten Schläge empfindet besonders die Person, welche mit dem Fische in unmittelbarer Berührung steht. An dem Orte, wo Humboldt seine Versuche anstellte, betrug die Temperatur 26 bis 27°. Es scheint, daß das Erschütterungsvermögen des Kahlrückens in minder warmen Gegenden geringer ist. Wir wollen die hervorgebrachten Erscheinungen genauer angeben. Wenn man das Thier vor seiner Verwundung oder Ermüdung berührt, so sind der Schmerz und die Betäubung so heftig, daß es schwer ist, sich über die Natur der erlittenen Empfindung auszusprechen. Humboldt versichert, daß er nie durch die Entladung einer großen Leydnerflasche eine stärkere Erschütterung erlitten habe, als die war, welche er empfand, als er seine beiden Füße auf einen frisch gefischten Kahlrücken stellte. Er fühlte lange Zeit einen lebhaften Schmerzen in den Knieen und in allen Gelenken; bei sehr geschwächten Kahlrücken empfindet man ein Zittern von dem Theile an, der mit dem Fische in Berüh-

rung kam, bis zum nächsten Gelenke. Im Allgemeinen glaubt man bei jedem Schlage einige Sekunden lang eine innere Schwingung zu empfinden, auf welche eine schmerzhafte Betäubung folgt. Die Erscheinung unterliegt dem Willen des Thieres, denn es ereignet sich oft, daß man dasselbe an den Theilen berührt, wo das Hauptorgan seinen Sitz hat, ohne irgend eine Erscheinung zu erhalten.

Der Krampffisch oder Zitterroche ist der Gegenstand einer größern Anzahl von Versuchen gewesen, weil wir ihn in den Untiefen oder stehenden Wassern an den Küsten der europäischen Meere finden. Wir haben bereits in diesem Werke eine Zergliederung von demselben gegeben und verweisen den Leser zum Verständnisse des Folgenden darauf. Gay-Lussac und Humboldt haben zuerst die Hauptumstände der Erscheinung angegeben. Wenn der Krampffisch seine Entladung von sich gibt, so bewegt er convulsivisch die Brustflossen, man bemerkt aber kaum wahrnehmbare Bewegungen an seinem ganzen Körper. Matteucci überzeugte sich, daß in diesem Falle keine Veränderung des Volumens stattfinde. Der Schlag ist mehr oder weniger schmerzhaft, je nachdem die unmittelbare Berührung mit dem Körper durch Vermittlung einer mehr oder weniger breiten Fläche vor sich geht; man muß das Thier reizen, es herausfordern; es entspringt daraus nicht bloß *eine* Entladung, sondern weit mehrere, die mit einer erstaunlichen Geschwindigkeit auf einander folgen. Nach seiner Lebenskraft nimmt man die Erschütterung in den Gelenken des Fingers, in dem Handgelenke, in dem Ellbogen und sogar in der Schulter wahr. Da die Erscheinung wahrnehmbar ist, selbst wenn man das Thier nur mit einem einzigen Finger berührt, so muß man daraus schließen, daß dieser einem Theile der in dem Inneren des Organs bewirkten Entladung einen Weg bahnt. Er ist demnach das

Resultat eines Seitenstoßes, der demjenigen ähnlich ist, den man erhält, wenn man eine geladene Leydnerflasche auf ein Stück angefeuchteten Tuches stellt, auf welchem sich hie und da präparirte Frösche befinden und die man so entladet, daß das Tuch einen Theil der Kette ausmacht. Die Contraktionen, welche die Frösche erleiden, die sich nicht auf dem unmittelbaren Wege des Stromes befinden, zeigen das Dasein abgeleiteter Ströme an.

Legt man den Krampffisch auf eine Metallplatte, so, daß sie die untere Fläche der ihm eigenthümlichen Organe berührt, so erleidet die Hand, welche ihn hält, keine Erschütterung. Wird der Fisch zwischen zwei Metallplatten gelegt, deren beide Ränder sich nicht berühren und legt man auf jede Platte eine Hand, so erhält man eine Erschütterung, während man nichts empfindet, wenn sich die beiden Platten in einem Punkte berühren. Matteucci, welcher die Erscheinung mit dem Krampffische sorgfältig untersuchte, vergleicht die Erschütterung des Krampffisches mit der eines Säulenapparates von 100 bis 150 Paaren, der mit Salzwasser geladen ist. Wenn das Thier voll Lebenskraft ist und aus dem Meere kommt, so folgen die Entladungen sehr schnell auf einander und man empfindet die Erschütterung, mag auch der berührte Theil des Körpers sein, welcher er will; in dem Verhältnisse aber, als das Thier schwächer wird, muß man sich immer mehr den Theilen nähern, welche den elektrischen Organen entsprechen. Nach Matteucci hat der Krampffisch zwar wohl das Vermögen, nach Belieben Entladungen zu geben, aber nicht wohin er will. Um an dem Körper des Krampffisches die Vertheilung der Punkte zu erkennen, die man berühren muß, um die Entladung zu erhalten, bedeckt man die Oberfläche mit Fröschen, die nach Galvani's Weise zubereitet sind und gibt Achtung, bis jeder derselben einen Bogen macht. Berührt man

z. B. den Krampffisch mit dem Ende eines Schenkelnervenfadens, so zieht sich der Frosch nicht zusammen, währenddem er, wenn er platt gelegt wird, starke Contraktionen zeigt.

Von den Mitteln, welche angewandt werden, um den elektrischen Ursprung der Entladung des Krampffisches zu erkennen.

Das so eben über die Wirkungen der Entladung des Kahlrückens und des Krampffisches Vorgetragene sucht zu beweisen, daß die eine Erschütterung hervorbringende Entladung einen elektrischen Ursprung habe, man kann es aber nur beweisen, wenn man, während die Entladung vor sich geht, Funken, oder eine Kundgebung elektrischer Ströme oder Erscheinungen einer Zersetzung erhält. Erst alsdann hat man bewiesen, daß die in Frage stehenden Fische das Vermögen besitzen, das elektrische Fluidum zu verarbeiten, um dasselbe nach ihrem Belieben als Schutz- oder Trutzwaffe zu gebrauchen.

Wir wollen mit dem Funken anfangen. Ihn zu beobachten wandte Matteucci folgendes Verfahren an. Sobald als der Krampffisch aus dem Wasser genommen und abgetrocknet ist, so wird er auf eine isolirte Metallplatte gelegt; auf seinen Rücken legt man eine andere Platte, die man mit einem gläsernen Handgriffe handhabt. Von jeder dieser beiden Platten geht ein gekrümmter Stab aus, der sich in eine kleine Kugel endigt. An diesen beiden einander sehr nahe gebrachten Kugeln bringt man mit Gummilack zwei kleine Goldblättchen an. Reizt man das Thier durch Bewegung der Platten, so sieht man augenblicklich, wie sich die kleinen Goldblättchen einander nähern oder von einander entfernen und wie kleine glänzende Funken von dem einen zum andern gehen.

Matteucci und der Pater Linari haben es gleich-

falls dahin gebraucht, daß sie den Funken mit Schrauben und elektrodynamischen Spiralen erhielten. Linari experimentirte folgendermaßen. Er nahm einen Kupferdraht, der 577 Meter lang war, machte daraus zwei gerade Schrauben und drei ebene viereckige Spiralen; in eine von den Schrauben brachte er einen Cylinder von weichem Eisen; das Schraubensystem stand mit einander in Verbindung und endigte sich in zwei silberne Platten, die mit einem isolirenden Griffe versehen waren. Der Theil des Drahtes der die letzte Schraube mit einer von den Silberplatten verband, wurde durch einen mit Quecksilber angefüllten Becher unterbrochen, in welchen die beiden gut amalgamirten Extremitäten des unterbrochenen Drahtes eintauchten. Der abgetrocknete Krampfsisch wurde auf eine Glasplatte und eine von den Silberplatten auf seinen Rücken, die andere auf den Bauch gelegt. Als das Thier gereizt worden war, wurde eines von den Drahtenden in das Quecksilber getaucht, sogleich wieder herausgenommen und aufs Neue hineingetaucht: man sah sogleich einen Funken zwischen dem Drahte und dem Quecksilber herausspringen. Man erhält auf diese Weise 8 bis 10 Funken hintereinander.

Da die Entladung mit der der Leydnerflasche Aehnlichkeit hat, so muß man demnach zu Beobachtung der dynamischen Erscheinungen einen Multiplikator anwenden, der dazu dient, die Erzeugung augenblicklicher Ströme nachzuweisen. Zu dem Ende wendet man den Colladonschen Multiplikator mit einem Systeme astatischer Nadeln an; da aber dieser Apparat, wenn der Draht sehr lang ist, den Nachtheil hat, einen zu beträchtlichen Raum einzunehmen, so begegnet man demselben dadurch, daß man den mit Kupfer übersponnenen Seidefaden mit Gummilack überzieht. Beim Operiren befestigt man an den beiden Drahtenden zwei starke Platinplatten, um auf

zwei beliebige Theile des Thieres gelegt zu werden. Matteucci erhielt bisweilen gute Resulte mit gewöhnlichen Multiplikatoren von mittelmäßiger Empfindlichkeit, welche es möglich machten, die Wirkungen zu vermeiden, welche aus der Polarität der Platinplatten entspringen.

Zu Nachweisung einer Stromerzeugung in dem Augenblicke der Entladung operirten wir mit Breschet folgendermaßen: Eine von den Platinplatten, die an einer der Extremitäten angebracht war, wurde in einer von den Schenkeln einer Uförmigen, mit destillirtem Wasser angefüllten Röhre getaucht, während eine dritte Platinplatte, die mit einer andern durch einen Platindraht in Verbindung steht, in den andern Schenkel gebracht wurde. Man hatte alsdann zwei freie Platten, die letzte, sodann die, welche an dem andern Ende des Multiplikators befestigt war. Jede wurde an einem isolirenden Stiele fest gemacht, den man in der Hand hielt. Als das Thier an dem Schwanze aus dem Wasser genommen worden war, so hielt man es in einer senkrechten Lage den Kopf abwärts, sodann wurden die beiden Platten auf das Hauptorgan, die eine oben, die andere unten gelegt. Die Magnetnadel wurde von 5 bis auf 40° nach dem Zustande der Erregung des Thieres gebracht. Legte man eine Platte an die Stelle der andern, so fand der Strom in einer entgegengesetzten Richtung Statt; dadurch ist also bewiesen, daß die Entladung, welche durch den Draht des Multiplikators und das destillirte Wasser geht, allerdings einen elektrischen Ursprung habe. Das destillirte Wasser ist dazu bestimmt, die schwachen elektrochemischen Ströme, so wie diejenigen aufzuhalten, welche von der Polarität der Platinplatten herrühren.

Die Richtung des Stromes zeigt an, daß die auf den oberen Theil des Organs gelegt Platte demselben positive, und die mit dem unteren Theile

im Contakte befindliche Platte negative Elektricität entziehe. Elektrodynamische Spiralen, die dem Multiplikator substituirt wurden, dienten uns dazu, stählerne, in ihr Inneres gebrachte Nadeln magnetisch zu machen; die Richtung der Magnetisirung stimmte mit der der Abweichung der Magnetnadel in dem Multiplikator überein.

Als Matteucci mit den beiden Platinplatten des Multiplikators über die verschiedenen Theile des elektrischen Organs nach der Reihe fuhr, so erhielt er folgende Resultate. Alle Punkte von dem Rückentheile des Organs sind in Beziehung auf alle Punkte des Bauchtheiles positiv, wie wir dies bereits beobachtet hatten; die Punkte des Organs auf der Rückenfläche, welche über den Nerven liegen, die in dieses Organ gehen, sind in Beziehung auf die andern Punkte derselben Rückenfläche positiv; die Punkte des Organs auf der Bauchfläche, welche denen entsprechen, die auf der Rückenfläche positiv sind, sind in Beziehung auf die andern Punkte der nämlichen Bauchfläche negativ, vermittelst dieser drei allgemeinen Thatsachen erklärt man alle hervorgebrachte Stromerscheinungen durch Berührung zweier beliebigen Punkte des Thieres, und es ist begreiflich, warum man, wenn man eine einzige Fläche des Organs in zwei verschiedenen Punkten oder auch zwei Organe zugleich auf der nämlichen Fläche berührt, keine Wirkung erhält, wenn die berührten Punkte symmetrisch sind. Man hat sich die Frage aufgeworfen, ob ein Theil der Entladung durch die Vermittlung der Nerven, die zu dem Organe hingehen, fortgepflanzt werde? Matteucci verfuhr auf folgende Weise, diese Frage zu beantworten. Er hat zuerst an einem sehr dünnen Krampffische die vier Nerven des Organs dadurch isolirt, daß er sie von allen Muskel- und andern Theilen trennte; nach dieser Vorbereitung gab der Fisch noch sehr starke Entladungen. Er

brachte sodann in einen der Nerven zwei ausgefaserte Platinplatten, die mit dem Multiplikator so in Verbindung standen, daß sie mit dem Nerven allein im Contakte waren und sich in der größten Entfernung befanden. Das Organ wurde gereizt und man erhielt keine Spur von einem Strome; hätte der Nerve zur Vermittlung der Entladung gedient, so würde man einen abgeleiteten Strom erhalten haben. Bei diesen Versuchen muß man darauf achten, daß die beiden Flächen des Organs von gleich großen Platten berührt werden, weil die Intensität des Stromes mit ihrer Dimension verschieden ist.

Die chemischen Wirkungen sind eine Folge der elektrischen Natur der Entladung, daher erhält man sie auch, wenn man mit Papierstreifen operirt, die mit einer Lösung von Jodkalium angefeuchtet sind und womit man die zu Fortpflanzung des Stroms dienenden Platinplatte umgibt. Linari hat gleichfalls die farbigen Ringe Nobili's hervorgebracht.

Von den Ursachen, welche die Entladung des Krampffisches modificiren.

Wir haben bei den vorhergehenden Versuchen angenommen, daß der Fisch gerade aus dem Wasser komme und demnach voll Leben sei; wir haben jetzt die verschiedenen Ursachen anzugeben, welche seine elektrische Eigenschaften modificiren. Es gibt zwei Arten von Ursachen, äußere und innere; wir wollen die Wirkungen der ersteren kennen lernen. Will man Krampffische aufbewahren, um sie lange zu Versuchen zu gebrauchen, so muß man auf die Masse Wasser, auf die Temperatur desselben und auf die Zahl der Entladungen, die man ihn hat geben lassen, Rücksicht nehmen. Bei einer Masse Seewasser von ein Meter Höhe und 30 Centim. im Durchmesser und einer Temperatur von mehr als 22°,5 C behält der Krampffisch sein Ver=

mögen nur 5 bis 6 Stunden lang; sinkt die Temperatur, so verschwindet jenes fast sogleich. Man kann einen Krampfisch, der eine gewisse Zeit lang in einer kleinen Menge Wasser aufbewahrt wurde, dadurch wieder beleben, daß man ihn wieder in Wasser taucht, das eine höhere Temperatur hat, als dasjenige, worin er lebte; so sah Matteucci wie ein kleiner Krampfisch, der 10 Stunden lang in einer sehr geringen Menge Seewasser bei einer Temperatur von 10 bis 12° C war und todt schien, sich nach und nach in Wasser von 20° wieder belebte und bald eine Stunde lang Erschütterungen gab. Andere derartige Versuche haben bewiesen, daß man vermittelst der Wärme die Thätigkeit der elektrischen Verrichtungen bis auf einen gewissen Grad beleben könne. Wie wirkt die Wärme in diesem Falle? Geschieht es durch Erhöhung der Respirations- und Cirkulationsthätigkeit des Thieres? Dies kann der Versuch allein entscheiden. Um dies zu erfahren, suchte Matteucci ein Verhältniß zwischen den Respirationserscheinungen und der Intensität der Entladung zu begründen. Zu diesem Ende analysirte er die in dem Seewasser enthaltene Luft. Er erhielt unter verschiedenen Umständen folgende Resultate:

Luft in dem Wasser des Krampfisches, der Entladungen gab.

3500cc gaben 30,5 Zehntel engl. Kubikzolle.

Zusammensetzung.

Kohlensäure	11	30,6
Stickstoff	19,5	69,4
Sauerstoff	Spuren	
	30,5	100

Luft in dem Wasser des ruhig gebliebenen Krampffisches.

3500^{cc} gaben 33,75 Zehntel engl. Kubikzolle.

Zusammensetzung.

Kohlensäure	12,50	37,8
Stickstoff	20,25	59,4
Sauerstoff	1	2,8
	33,75	100

Diese Resultate scheinen zu zeigen, daß der Fisch, welcher mehr als der andere athmete, derjenige ist, welcher die Entladungen gibt. Denn der absorbirte Sauerstoff verhält sich zu dem absorbirten Stickstoff, wie 100 : 59 und der absorbirte Sauerstoff zu der erzeugten Kohlensäure wie 100 : 37,2 ; bei dem 2ten Krampffische ist das erste Verhältniß 100 : 57,5 und das zweite 100 : 45. Der Fisch, der die meiste Wirkung auf den Sauerstoff und den Stickstoff äußert, wäre also der, welcher am wenigsten Kohlensäure entwickelt haben würde. Andere ähnliche Versuche zeigten, daß die Stärke der Entladung der Respiration und Cirkulation des Thieres proportional sei; dieser Umstand muß aber durch neue Beobachtungen bestätigt werden. Wir wollen die Wirkung der Gifte untersuchen.

Chlorstrychnin ist in den Mund und in den Magen eines starken Krampffisches gebracht worden: das Rückenmark zog sich einige Sekunden nachher stark zusammen; elektrische Entladungen zeigten sich von Zeit zu Zeit; 10 Minuten nachher wurden sie schwächer und folgten schneller auf einander und das Thier starb unter lebhaften Contraktionen. Mit Chlormorphin gab es von selbst 8 bis 10 Minuten darauf sehr starke Entladungen ohne Contraktionen; als man einen Multiplikator in die Kette brachte, so war die

Nadel in beständiger Bewegung; in 10 Minuten gab es 60 Entladungen; sodann mußte man das Thier reizen, um Entladungen zu erhalten. Der Fisch lebte nur 40 Minuten und gab mehr oder minder starke Entladungen. Wenn man endlich einen elektrischen Strom von einer aus 30 Paaren bestehenden und mit gesäuertem Wasser geladenen Säule von dem Munde zu den Kiemen, zu der Haut oder in das Innere des Organs gehen ließ, so bemerkte man nichts Besonderes.

Wir wollen jetzt sehen, wie die inneren Ursachen die Erscheinung mit dem Krampfische modificiren. Man muß nach der Reihe den Einfluß durchgehen, den die eigenthümliche Substanz des Organs, die muskelartigen, knorpelartigen und andere Theile, welche dasselbe bedecken und umgeben, die Nerven, die sich in das Organ begeben und das Gehirn ausüben. Diese Untersuchung ist von Matteucci sorgfältig angestellt worden. Die Entladung erleidet keine Modifikation, wenn man die ganze Haut des Organs, die des Rückens und des Bauches wegnimmt. Durchschneidet man horizontal das Organ zur Hälfte und legt man eine Glasplatte zwischen die beiden getrennten Theile, so findet die Entladung immer Statt; um aber deutlich zu sehen, was in diesem Falle vorgeht, muß man vorläufig eines der Organe zerstören. Man vernichtet das elektrische Vermögen nur dadurch, daß man auf die Substanz des Organes selbst entweder durch eine concentrirte Säure oder kochendes Wasser wirkt. Hat man die das Organ bedeckende Haut weggenommen und befeuchtet man dasselbe mit Schwefelsäure, so erhält man augenblicklich starke Entladungen; aber von dem Augenblicke an, wo die Substanz vernichtet ist, zeigt sich die elektrische Eigenschaft nicht mehr; eben so verhält es sich mit dem kochenden Wasser. Man kann den knorplichten, das Organ umgebenden Theil, die Abson-

derungsröhren, die Muskeln, die Flechsen, welche das Organ umgeben, durchschneiden, ohne daß das Thier auf irgend eine Weise sein Vermögen zu verlieren scheint. Zerschneidet man die Nerven von dem einen der Organe, so hört die Entladung bloß auf dieser Seite auf. Zerschneidet man mehrere, so zeigt sich die Entladung nur in den Theilen, wo sich der unversehrt gebliebene Nerve verzweigt. Das Thier lebt indessen noch lange, nachdem man in die Nerven des Organs Einschnitte gemacht hat. Man hebt die Verrichtungen der Nerven gleichfalls durch Unterbindungen auf. Sind die Nerven durchschnitten und reizt man einen der Nervenstämme, so erhält man auch einige Entladungen.

Wichtige Versuche über die Verrichtungen des Gehirns, die wir Matteucci verdanken, enthüllen uns die Theile dieses Organs, wo die Elektricität verarbeitet wird; man muß damit anfangen, das Organ mit einem Rasirmesser aufzufinden, ohne irgend eine Verletzung zu veranlassen, damit das Thier voll Leben bleibe; die Entladung zeigt sich, wenn man das Gehirn mit irgend einem Körper berührt. Erforscht man nach der Reihe alle Punkte dieses Organs, so findet man, daß die ersten Lappen zerstört oder weggenommen werden können, ohne daß darum die Entladung nicht mehr stattfindet. Wenn die darauf folgenden Lappen berührt oder verletzt werden, so zeigen sie starke Contraktionen und sogar Entladungen, wenn das Thier eine große Lebenskraft besitzt. Der dritte Lappen verhält sich wie der erste, dieser Fall tritt aber bei dem vierten und letzten Lappen nicht ein, denn ist er vernichtet, so verschwindet das elektrische Vermögen des Thieres, selbst wenn man den übrigen Theil des Gehirns fortbestehen ließe. Es scheint also, daß sich die elektrischen Organe auf den vierten Lappen des Gehirns, auf seine Nerven und auf das eigentliche Organ reduciren. Die Ver-

hältnisse zwischen dem Lappen und dem Organe sind so, daß, wenn man den rechten Theil dieses Lappens berührt, das rechte Organ funktionirt; das Gegentheil findet Statt, wenn man den linken Theil berührt. Matteucci's Versuche mit dem Krampffische in einem solchen Zustande der Schwäche, daß seine Kiemen bewegungslos sind und daß er keine Entladungen mehr gibt, wenn man ihn an irgend einem andern Punkte als in dem Gehirne mechanisch reizt, sind für die Physiologie auch nicht unwichtig. Wenn man das Gehirn an einem solchen Fische entblößt und den elektrischen Lappen berührt, so gibt das Thier weit stärkere Entladungen, als da, wo es voll Leben war. Der Strom geht wie gewöhnlich vom Rücken zum Bauche. Verletzt man den Lappen, so findet die Entladung Statt, in diesem Falle geht aber der Strom ohne Unterschied von dem Rücken zum Bauche oder umgekehrt. Man erhält auf diese 4 bis 5 Entladungen, worauf das elektrische Vermögen vernichtet ist.

Wir wollen jetzt sehen, was sich ereignet, wenn man die Volta'sche Wirkung auf das Gehirn und auf die Nerven anwendet, die sich in die elektrischen Organe begeben. Als das Gehirn entblößt worden war, so wurden zwei Galvanometer mit den beiden Organen in Verbindung gebracht, und das Thier mit Fröschen bedeckt, um die hauptsächlichsten Punkte besser zu unterscheiden, welche fähig gemacht wurden, die Entladung fortzupflanzen. Man steckte den negativen Elektroden in das Organ auf dem Rückentheile und nahe an dem äußeren Rande; der andere Elektrode wurde auf den rechten Theil des elektrischen Lappen gelegt; augenblicklich fand Entladung Statt. Matteucci will sich versichert haben, daß die Entladung und der Strom von keinem abgeleiteten Strome herrühren, und stützt sich in dieser Hinsicht auf die Thatsache, daß die Volta'sche Wirkung, welche

auf andere Körpertheile des Thieres angewandt wurde, keine Erscheinung zeige; denn wenn man den linken Theil des elektrischen Lappen mit den Elektroden berührt, so funktionirt das linke Organ. Aendert man die Richtung des Stromes dadurch, daß man den positiven Elektroden in das Organ und den negativen auf den elektrischen Lappen bringt, so erhält man starke Muskelcontraktionen ohne Entladung.

Wie wirken die Nervenunterbindungen des Organs unter dem Volta'schen Einflusse? Als die vier Nerven des rechten Organs eines starken sehr kräftigen Krampffisches gebunden waren, so operirte man wie vorher durch Entblößung des Gehirns. Als der Strom direkt ging, so fand keine Entladung Statt; in umgekehrter Richtung brachte er nur schwache Contraktionen hervor. Als Matteucci mit dem Organe selbst operirte, so beobachtete er folgende Thatsachen: eines von den Organen wurde abgesondert, ohne die Haut hinwegzunehmen, indem man die Nerven und die Kiemen durchschnitt und kreisförmig alle Theile, welche das Organ von der Seite des Kopfes umgeben, abschnitt. Das Organ mit seinen vier Nerven wurde auf eine Glasplatte gelegt und mit einem Multiplikator in Verbindung gebracht. Die Oberfläche wurde mit präparirten Fröschen bedeckt, der negative Elektrode in das Organ selbst gebracht und der positive auf die vier Nerven gelegt; die Magnetnadel wurde sogleich zu einer Abweichung von 4° gebracht und die Frösche erlitten starke Contraktionen. Als die vier Nerven auf die Platinplatte gelegt wurden, so hatte der Strom keine merkliche Intensität mehr. Diese Erscheinungen hören auf, wenn das Thier einige Zeit lang todt ist. Wir sind, um uns kurz zu fassen, durch die erwähnten Versuche auf folgende Schlüsse geleitet:

Die Elektricität wird in dem 4ten Lappen verarbeitet und auf die zwei Organe durch die Nerven

fortgepflanzt; jeder äußere Einfluß, der im Stande ist, die Entladung zu bewirken, wird von dem gereizten Punkte zum 4ten Lappen fortgepflanzt, von wo die Elektricität ausgeht, um sich auf ihrem gewöhnlichen Wege zu dem Organe zu begeben; die Entladung findet jedesmal Statt, wenn man auf dem 4ten Lappen einen äußeren Einfluß anbringt. Das Verhältniß, das zwischen dem 4ten Lappen und den Nerven oder dem Systeme des Organs besteht, ist das nämliche wie das, das zwischen einem Nerven und den entsprechenden Muskeln stattfindet; es ist kein anderer Unterschied da, als daß in einem Falle Entladung, in einem andern Contraktion eintritt. Der auf die Nerven wirkende elektrische Strom erzeugt entweder Contraktionen oder Entladungen.

Endlich ist die Volta'sche Wirkung das letzte auf den 4ten Lappen wirkende Reizmittel, das im Stande ist, die Entladung zu bewirken. Dies beobachtet man gleichfalls bei den Contraktionen des Frosches; denn man hat gesehen, daß, wenn alle Reizmittel zu Erregung der Contraktionen unzureichend sind, die Volta'sche Säule sie doch noch bewirkt.

Faraday hat eine Reihe von Forschungen mit dem Kahlrücken angestellt, welche ihm gleichfalls bewiesen, daß die elektrischen Erscheinungen, welche dieses Thier zeigt, in die nämliche Klasse mit denen des Krampffisches und der Phänomene gehören, die mit unsern Apparaten hervorgebracht werden; auf diese Weise hat er in dem Akte der Entladung nach der Reihe, die chemische Zersetzung, die Abweichung der Magnetnadel in dem Multiplikator und eine Erhöhung der Temperatur in den Verbindungsdrähten erhalten.

Es scheint, daß bei dem Krampffische und dem Kahlrücken das entwickelte elektrische Vermögen im direkten Verhältnisse zu der Nervenkraft stehe, die sie besitzen; die elektrische Wirkung ist gewöhnlich von

einer Schwäche begleitet, wie die Muskelwirkung; alles kommt demnach zusammen, zu beweisen, daß die Nervenkraft in elektrische Kraft verwandelt werden könne, wie die Elektricität Wärme erzeugen kann; man kann aber nicht sagen, daß das Recriproke wahr sei.

Das Studium der elektrischen Erscheinungen des Krampffisches, Kahlrückens und des Wels zeigt uns das Dasein einer besondern Klasse von Thieren, bei welchen das Gehirn Elektricität verarbeitet, deren sich das Thier als einer Schutz- oder Trutzwaffe bedient; es wäre aber gar wohl möglich, daß eine ähnliche Verarbeitung bei den andern Thieren statt fände, nicht sowohl um Entladungen hervorzubringen, die denen der Leydnerflasche ähnlich sind, als vielmehr andere Funktionen zu verrichten, die für das Leben wesentlich sind, wie z. B. Secretionen, Verdauung u. s. w. Es fehlt aber an Thatsachen zu Unterstützung dieser Vermuthung.

Zehntes Kapitel.

Von den unter der Herrschaft des Willens hervorgebrachten Contraktionen.

Man muß gestehen, daß es bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft nicht sehr schwer ist, eine befriedigende Theorie über die Contraktionen zu geben, welche durch die Wirkung der Reizmittel, sie mögen Namen haben, welche sie wollen, auf die Nerven hervorgebracht werden; die Schwierigkeiten sind aber weit größer, wenn man es versucht, auf die Ursache der Contraktionen zurückzukommen, deren Hervorbringung das Werk des Willens ist; dies ist eine Aufgabe, deren Lösung unsere Kräfte übersteigt. Es wäre demnach eine Vermessenheit, sie aufzulösen

zu suchen; erlaubt ist es aber, einige von den Ursachen zu entdecken zu suchen, welche bei diesem wichtigen Akte der Natur mitwirken.

Wenn wir z. B. sehen, wie bei den galvanischen Versuchen Aldini's und Ures mit Hingerichteten die mannigfaltigen Bewegungen des Körpers und sogar des Angesichts mit einer fürchterlichen Wahrheit reproduzirt werden, ist man alsdann nicht zu der Annahme berechtigt, daß die Natur, welche das elektrische Fluidum durch Mittel verarbeitet, welche unsern Forschungen entgehen, auf eine geregeltere und demnach nicht so unordentliche Weise darüber verfügt, als wir es mit unsern Apparaten thun, um gewisse Theile in Bewegung zu setzen, ohne die Harmonie der andern zu stören. Nach dieser Hypothese wollen wir weiter sprechen, zuerst aber einige physiologische Betrachtungen aufstellen, welche für den zu behandelnden Gegenstand nicht ohne Interesse sein werden.

Auf welche Weise man auch die verschiedenen Akte des Gehirns betrachten will, so gibt es doch eine Hauptthatsache, deren Dasein man nicht läugnen kann, daß nämlich Empfindungen in dasselbe gelangen, welche ihm die Bilder der äußern Körper verschaffen; daß diese Empfindungen der Hebel, der Ausgangspunkt aller Kräfte unserer Intelligenz sind, oder daß auch diese Kräfte vollkommen unabhängig von den Empfindungen in dem Gehirne entstehen; man muß überdies die zweite wichtige Thatsache annehmen, daß nämlich das Resultat aller Akte des Gehirns dahin geht, in sehr mannigfaltige Bewegungen auszulaufen, welche unsere Ideen mehr oder weniger treu nach außen kund geben.

Mag nun die Hypothese, die man zu Erklärung dessen, was in dem Gehirne vorgeht, annimmt, sein, welche sie will, so darf man doch die beiden folgenden Principien, die vor allen Theorien da sind,

nicht aus dem Auge verlieren: 1) es gelangen Empfindungen in das Gehirn; 2) es geht von demselben irgend ein Reiz aus, vermöge dessen die Organe mannigfaltige Bewegungen vornehmen. Die Agenten, welche diese Funktionen versehen, sind augenscheinlich Nerven, wovon die einen ausschließend für die Bewegung und andere für die Empfindung bestimmt sind. Die ersten werden durch den Willen, die andern durch eine äußere Ursache oder eine organische Zerrüttung, die dem Individuum eine schmerzliche Empfindung verursachen kann, in Thätigkeit gesetzt.

Nachdem die Erfahrung gelehrt hatte, daß man, um eine Contraktion des Muskels zu bewirken, den entsprechenden Nerven an irgend einem Punkte seines Weges reizen, d. h. eine Erschütterung bewirken müsse, die sich immer näher bis in den Muskel fortpflanzt, so sind wir natürlicher Weise zu der Annahme geneigt, daß das Gehirn in Folge der Ausübung der intellektuellen Kräfte dem Nerven an seinem Ursprunge einen Impuls gibt, der mit einer außerordentlichen Schnelligkeit auf seinem Wege bis in die feinsten Verästungen fortgepflanzt wird. Nun kann dieser dem Nerven von dem Gehirne ertheilte Impuls vermöge unserer Kenntnisse in der Physik nur das Resultat einer mechanischen oder chemischen oder elektrischen Wirkung sein. Wir können demnach nur nach jeder dieser drei Annahmen Schlüsse machen; denn gäbe es eine andere Wirkungsweise, so wäre, da uns die Natur derselben unbekannt ist, es auch unmöglich, die Erscheinungen derselben zu erörtern. Wir wollen jetzt jede dieser Ursachen besonders untersuchen, um zu erfahren, welcher wir den Vorzug zu geben haben. Die mechanische Wirkung, welche die Intelligenz bei dem Entstehen des Nerven ins Spiel setzen würde, muß augenscheinlich entfernt werden, denn es könnte mit der Länge der Zeit eine

organische Zerrüttung daraus entspringen. Es ist auch nicht sehr wahrscheinlich, daß der Akt des Willens in dem Gehirne eine Säure, ein Alkali, irgend einen Körper an den Ursprung des Nervens schaffen könne, um chemisch auf denselben zu reagiren; denn verhielte es sich so, so würde die Hirnmaterie in Folge der ununterbrochenen Wirkung der intellektuellen Kräfte bald nachtheilig verändert werden.

Es bleibt uns also nur noch die Elektricität zu untersuchen, deren Wirkung so beschaffen ist, daß sie sogar bei einer großen Intensität heftige Contraktionen in den Muskeln bewirkt, ohne daß der Nerve, welcher die Wirkung fortpflanzt, die geringste wahrnehmbare Störung in seiner Organisation erleidet. Nun gibt es so viele Mittel, das elektrische Vermögen in den Körpern zu erregen, weil die geringste Störung in ihren constituirenden Theilen hinreicht, ihren Gleichgewichtszustand zu verändern, daß es gar leicht geschehen kann, daß der Wille durch eine instinktive Empfindung einige Punkte des Gehirns erschüttert, um die Elektricität an dem Ursprunge des zu affizirenden Nerven in Bewegung zu setzen, woraus sodann eine allgemeine schwingende Bewegung in allen nervösen Verästungen entsteht. Die Verarbeitung der Elektricität in dem Gehirne der elektrischen Fische rechtfertigt diese Voraussetzung. Wir führen zu Unterstützung dieser Ansicht, wenn jedoch die Erscheinung von keiner Erschütterung des Nerven an seinem Ursprunge herrührt, die Thatsache an, daß der Durchgang der Elektricität ohne Schwierigkeit von dem Gehirn in den Nerven und seine Verästungen stattfinden kann, weil man unter dem Nevrilemon die nämliche Substanz antrifft, wie die ist, welche die Hirnmaterie bildet.

Der Unterschied, welcher uns zufolge zwischen den elektrischen Fischen, dem Menschen und den andern Thieren bestände, würde daher rühren, daß die Natur

bei den ersten Organe angebracht hat, welche die im Gehirne verarbeitete Elektricität zu verdichten tauglich sind, um ihre Spannung hinreichend zu erhöhen, damit sie eine Trutz- oder Schutzwaffe daraus machen können; während bei den zweiten eben diese Elektricität nur die Spannung hat, welche erforderlich ist, um die verschiedenen Nervensysteme so zu affiziren, daß sie die Contraktionen, die Empfindungen hervorbringen und die verschiedenen Lebensfunktionen dadurch bewerkstelligen, daß sie die mit ihrer Erfüllung beauftragten Organe in Thätigkeit setzen.

Gehen die Sachen so zu, so ginge einer Muskelzusammenziehung unter der Herrschaft des Willens eine augenblickliche elektrische Entladung des Nervens in den Muskel durch Vermittlung der nervösen Verzweigungen voran; es war uns zwar bis jetzt unmöglich, in dem Menschen und in den Thieren, mit Ausnahme der elektrischen Fische, Spuren von freier Elektricität selbst in dem Augenblicke einer starken Contraktion zu sammeln; diese negative Wirkung kann aber theils davon herrühren, daß die Spannung der Elektricität zu schwach ist, theils aber auch daher, daß die Elektricität in das Gehirn zurückkehrt, woher sie kommt. Die Ausgangsweise der Nerven, wie sie Prevost, Dumas und Breschet gefunden haben, macht die Möglichkeit dieser Rückkehr begreiflich.

Auf der andern Seite müßte der Uebergang der Elektricität in die Muskeln, die man für mittelmäßige Leiter hält, eine Temperaturerhöhung in denselben hervorbringen; dürfte man nicht dieser Ursache die plötzliche Temperaturerhöhung zuschreiben, die man in dem Muskel und in dem Augenblicke seiner Zusammenziehung beobachtet, eine Erscheinung, welche nicht wohl von etwas anderem als von einer nervösen Wirkung herrühren kann?

Wir sind von der Voraussetzung ausgegangen,

daß die Elektricität in dem Gehirne entwickelt werde; es gibt aber auch eine im freien Zustande in allen Theilen des Körpers, wo Organe sind, welche Funktionen zu verrichten haben; so bringen, wie wir bewiesen haben, das complicirte Geschäft der Verdauung, die Respiration, die Verwandlung des arteriellen Blutes in Venenblut eine außerordentliche Menge Elektricität hervor, worüber die Natur nach Willkür verfügen kann, denn jede Kraft muß eine Bestimmung haben. Warum sollte das Gehirn nicht auch, wie alle andere Organe das Vermögen besitzen, Elektricität frei zu machen, welche der Wille in Thätigkeit versetzen würde?

Wir wollen aber hier stehen bleiben, um uns nicht in metaphysische Betrachtungen einzulassen, die uns nichts angehen.

Eilftes Kapitel.

Von der Anwendung der Elektricität in der Heilkunde.

Die Anwendung der Elektricität als Heilmittel hat der Erwartung der ersten Experimentatoren nicht entsprochen, welche glaubten, sie auf eine vortheilhafte Weise zu Heilung gewisser Krankheiten oder zu Hemmung ihrer Fortschritte anwenden zu können. Bald erhielt man dem Anscheine nach befriedigende Resultate, bald zeigten sich gar keine Wirkungen, so daß man nicht weiß, ob man die ersteren nicht mehr der Natur als der Elektricität zuzuschreiben hat. Indessen darf man nach der Wirkungsweise des elektrischen Fluidum auf die constituirenden Theile der Körper, mag es nun als physische oder chemische Kraft wirken, gar nicht zweifeln, daß dieses Agens in gewissen Fällen einen heilsamen Einfluß auf den thierischen Haushalt ausüben müsse; deßwegen muß man

es aber auch auf eine einsichtsvolle Weise anwenden. Wir wollen einige allgemeine Regeln angeben, welche den Personen zu Führern dienen können, die dazu berufen sind, die Elektricität auf die Heilkunde anzuwenden.

Da die Wirkung der Elektricität aus dem physischen und chemischen Gesichtspunkte betrachtet werden kann, so müssen wir auf die in beiden Fällen hervorgebrachten Erscheinungen Rücksicht nehmen, um sie in der Anwendung gehörig von einander zu unterscheiden.

Die Elektricität, welche als physische Kraft in dem Organismus wirkt, erzeugt Contraktionen oder irgend eine Störung in dem Gleichgewichte der organischen Moleküle. Da die Contraktionen bereits äußerst ausführlich in Beziehung auf die allgemeinen Erscheinungen untersucht worden sind, so werden wir nicht mehr darauf zurückkommen; die beobachteten Erscheinungen werden uns zum Ausgangspunkte dienen, um anzuzeigen, auf welche Weise man operiren müsse.

Wenn man einen Strom aus den Nerven in die Muskeln eines präparirten Frosches gehen läßt, so haben wir gesehen, daß die organischen Moleküle dieser Nerven eine solche Verrückung erleiden, daß sich die Muskeln die ganze Zeit hindurch als der Strom cirkulirte, nicht mehr zusammenzogen, und daß, wenn die Kette lange Zeit geschlossen blieb, die Ruhe allein oder auch wohl ein in umgekehrter Richtung gehender Strom, wofern jedoch die Theile des Thieres noch Lebenskraft hatten, ihnen ihr primitives Vermögen wieder geben könne.

Diese Thatsache zeigt uns, daß der ununterbrochene Durchgang des Stroms in die Nerven in gewissen Nervenkrankheiten, die aus einem Zustande der Ueberreizung entstehen, nützlich angewandt werden könne, weil die Nerven, durch welche eine ge-

wisse Zeit lang ein Strom gegangen ist, auf einen Augenblick das Vermögen verlieren, die entsprechenden Muskeln unter dem Einflusse eines Stroms von gleicher Intensität, wie der erste, zu Contraktionen zu bringen.

Man hat bis jetzt die Elektricität aus diesem Gesichtspunkte nicht sehr häufig verordnet; man hält sich in allen Krankheitsfällen an die unterbrochenen Ströme, deren Wirkung darin besteht, die Nerven unaufhörlich zu überreizen, wie man dies aus den daraus entspringenden lebhaften Muskelcontraktionen, die bis zum Starrkrampfe gehen können, beurtheilen kann. Eine solche Behandlung kann also in allen Fällen nicht passen, wo sich das Nervensystem in einem permanenten oder vorübergehenden Zustand der Ueberreizung befindet. Wenn demnach davon die Rede ist, einen überreizten Nerven zu beruhigen, so muß man die stätigen Ströme anwenden; befindet er sich hingegen im Zustande der Atonie, so muß man sich der unterbrochenen Ströme bedienen. Dies gibt die Theorie an.

Um die stätigen Ströme anzuwenden, muß man nach den Umständen die Epidermis der Haut wegnehmen oder auf die unversehrte Hautdecke wirken und auf die Theile, durch welche der Strom hinein und herausgehen soll, zwei Platinplatten legen, die mit einer Säule in Verbindung stehen und mit einem hinlänglich dicken Stoffe überzogen sind, um lange Zeit feucht zu bleiben. Handelt es sich davon, Nerven zu erreichen und unmittelbar auf dieselbe zu wirken, so bedient man sich zu Fortpflanzung des Stroms sehr feiner Platinnadeln, die wie bei der Nadelpunktirung diesen Nerven so nahe als möglich und sogar in ihren Gang gebracht werden, wenn man keinen verdrießlichen Vorfall zu besorgen hat. Man muß immer die Aufmerksamkeit haben, mit schwachen Strömen anzufangen, um den Kranken nicht zu er-

schrecken und gewissermaßen das Organ zu betasten, um mehr oder minder schweren Zufällen vorzubeugen. Der stätige Gang des Stroms bewirkt in den Flüssigkeiten, welche die Organe durchdringen, chemische Zersetzungen, welche um die Platinaspitzen herum chemische Elemente anhäufen, deren Reaktion auf die umgebenden Theile oft eine beträchtliche Entzündung verursacht, auf welche ein Grind folgt.

Man könnte, wenn das Organ nicht zu empfindlich ist, diesem Nachtheil dadurch begegnen, daß man den Stoff der positiven Platte mit etwas alkalinisch gemachtem und den der negativen Platte mit etwas gesäuertem Wasser anfeuchtet. Auf diese Weise würde man auf der ersten die Säure und auf der zweiten das Alkali, welche von dem Strome herbeigeführt werden, neutralisiren.

Gehen wir zu den unterbrochenen Strömen über, mit welchen man Erschütterungen gibt, die wie Uebereizungsmittel wirken. Diese Ströme können entweder mit gewöhnlichen Elektrisirmaschinen oder mit Induktionsmaschinen oder mit der Säule verordnet werden. Mit den Elektrisirmaschinen zieht man vermittelst der Auslader mit isolirenden Griffen, deren Gestalt nach den beabsichtigten Wirkungen verschieden ist, Funken aus verschiedenen Theilen des Körpers. Bisweilen sind diese Auslader einfache metallische Bürsten, die dazu bestimmt sind, den Funken ins Unendliche zu zertheilen, um einen gewissen Reiz auf der Haut hervorzubringen. Will man Wirkungen von einer gewissen Energie bekommen, so wendet man die Leydnerflasche an.

Die Induktionsmaschinen und besonders die Masson'sche, die wir sogleich beschreiben wollen, wirken auch äußerst energisch. Diese Maschine besteht aus einem gezahnten Metallrade von einem ziemlich großen Radius, dem man eine Rotationsbewegung mit Hülfe der Saite ohne Ende eines Rades gibt; die

Achse, die Zapfen und die Widerlager, auf welchen sie ruhen, sind gleichfalls aus Metall. Eines von den Widerlagern steht mit dem einen von den Polen einer Säule, das andere mit der Hand der dem Versuche unterworfenen Person in Verbindung; mit der andern Hand faßt man stark ein Ende einer Schraube, die um einen Cylinder von weichem Eisen gerollt ist, und mit dem andern Ende mit dem zweiten Pole des Volta'schen Apparates communizirt. Auf diese Weise besteht die Kette aus der Säule, der Schraube, dem Körper des Experimentators und der Achse des gezahnten Rades. Der Strom zeigt sich nicht, wenn die Schraube aus 400 bis 500 Meter besteht; es verhält sich aber nicht mehr so, wenn der menschliche Körper keinen Theil der Kette ausmacht, d. h. wenn diese letztere ganz metallisch ist. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn sich das erste Ende der Schraube, welche der Experimentator in der Hand hält, in eine flache Federplatte endigt, die vornen an einem Stützpunkte befestigt, mit ihren freien Enden auf einen Zahn des Metallrades drückt. So wie das Rad sich zu drehen strebt, so wird die Kette, welche ganz metallisch ist, in dem Augenblicke unterbrochen, wo der gedrückte Zahn der ihn berührenden Feder entweicht; nun besteht die erste Kette, nämlich die, wovon der Experimentator einen Theil ausmacht, allein, und bringt eine lebhafte, von einem Induktionsstrome herrührende Erschütterung hervor. Da nun das Rad sich zu drehen fortfährt, so berührt ein neuer Zahn die Feder, und in dem Augenblicke, wo er der Feder entschlüpft, erleidet man eine eben so lebhafte Erschütterung, wie das erste Mal. Es ist vollkommen begreiflich, daß, da sich das Rad auf eine gleichförmige Weise dreht, die nämliche Erscheinung auf eine periodische Weise bei dem Gange eines jeden Zahnes wieder zum Vorschein komme.

Jedesmal wenn die Bewegung des Rades nicht

sehr schnell ist, und die Berührungen der Zähne mit der Feder langsam aufeinander folgen, erhält man sehr heftige Erschütterungen. Wird die Bewegung hinreichend beschleunigt, so wird die Empfindung stätig und verwandelt sich in eine schmerzhafte Contraktion, in eine Verdrehung der Aerme, die es dem Experimentator unmöglich macht, die metallischen Leiter zu verlassen; geht aber diese Bewegung sehr schnell vor sich, so nimmt die Empfindung stufenweise ab und verschwindet endlich ganz. Nun sind die Erscheinungen die nämlichen, wie wenn die ganze Kette metallisch wäre.

Masson brachte es dahin, eine Katze in 4 bis 5 Minuten dadurch zu tödten, daß er sie den schnell wiederholten Entladungen des Apparates aussetzte, der mit einer Säule funktionirte, die nur aus einigen Elementen bestand. Die Muskeln des Thieres befanden sich in einem starrkrampfartigen Zustande. Diese Erscheinungen zeigen augenblicklich an, daß man sich dieses Apparates vorsichtig bedienen müsse, wenn man sich nicht der Gefahr aussetzen will, in dem Inneren des Körpers organische Zerrüttungen hervorzubringen.

Mit der Säule ohne Induktionsapparat erhält man gleichfalls in gleichen Zeiträumen vermittelst einer Unruheuhr, deren isochronische Schläge die Verbindungen zwischen den Polen herstellen und unterbrechen mehr oder minder lebhafte Erschütterungen. Von jedem Ende der Säule geht ein Kupferdraht aus, der sich in ein Stück von gleichem Metalle oder von Platin endigt, und das so gemacht ist, daß man es mit der größten Leichtigkeit auf den kranken Theil legen kann. Will man innerlich wirken, so bringt man Nadeln von Stahl oder von Platin in die Theile, wo man operiren will. Diese letztere Methode ist unter allen die wirksamste, weil sie es möglich macht, in dem Innern unmittelbar auf den kranken Theil

zu wirken, daher wird sie auch in unsern Tagen am häufigsten angewandt.

Man darf die physiologischen Wirkungen, die mit Strömen von einer schwachen Intensität, je nachdem sie in der Richtung der Nervenverästungen oder in der entgegengesetzten gehen, hervorgebracht werden, nicht aus dem Auge verlieren. Im ersten Falle tritt Contraktion, im zweiten Schmerz ein. Ritter und Richerand hatten bereits, ohne sich jedoch die beobachteten Erscheinungen erklären zu können, Verschiedenheiten in der Wirkungsweise des Stroms nach seiner Richtung angegeben. So hatte der Erste behauptet, daß der positive Pol die Lebenskräfte erhöhe, während sie der andere verringere; daß der erste die Theile aufschwelle, der zweite sie niederdrücke; sie verwechselten aber augenscheinlich die chemischen und physiologischen Erscheinungen mit einander. Wenn eine geschwächte Reizbarkeit erhöht werden soll, so rieth Richerand an, den negativen Pol so nahe als möglich an den Ursprung des Nerven zu bringen und den positiven auf den Muskel, dessen erstarrte oder ganz aufgehobene Thätigkeit man wieder wecken wollte. Da in diesem Falle der Strom in einer Richtung ging, welche den Nervenverästungen entgegengesetzt war, so mußte er eine Erregung bewirken.

Wir wiederholen noch einmal, daß die in unterbrochenen Strömen angewandte Elektricität mit Vorsicht verordnet werden müsse; denn wenn man kräftig auf die Nerven wirkt, so können daraus nachtheilige Erschütterungen im Gehirne, so wie schwere Zufälle in den Muskeln, z. B. Zerreißungen, Blutergießungen entstehen, und dies muß sich jedesmal ereignen, wenn die Energie des Stromes mit dem Leitungsvermögen der Theile, die zu seiner Fortpflanzung dienen, nicht im Verhältnisse steht.

Die Elektricität, welche als chemische Kraft wirkt, ist noch nicht häufig angewandt worden und doch

darf man glauben, daß ihre Wirkung in gewissen Umständen äußerst kräftig ist. Man hat bemerkt, daß sich im Allgemeinen in den Theilen, auf welche die Elektroden angewandt werden, eine Entzündung bildet, auf welche bisweilen Eiterung folgt. Diese Erscheinungen können entweder den aus der Cirkulation des Stromes entspringenden Erregungen oder der zersetzenden Wirkung des Stromes zugeschrieben werden; denn auf der positiven Seite setzen sich Säuren, auf der negativen Alkalien ab, welche auf die organischen Materien mit um so größerer Energie wirken, je corrosiver die hingeschafften Elemente sind; demungeachtet kann man die hervorgebrachten Reaktionen mit Nutzen anwenden, um die Natur der Wunden zu verändern, wie man dies auch durch Anwendung des Aetzens thut.

Ist die Rede von einem hartnäckigen, alkalinische Stoffe ausscheidenden Geschwüre, so muß man, um diese Lage der Dinge zu ändern, auf der Wunde den positiven Elektroden anwenden, um sie elektropositiv zu machen und beständig saure Elemente dahin zu schaffen. Wird dieser Zustand eine gehörige Zeit lang erhalten, so zwingt man endlich das Organ Feuchtigkeiten von einer Natur auszuscheiden, welche ganz die entgegengesetzte von denen ist, die in dem pathologischen Zustande erzeugt wurden; es ist möglich, daß man es auf diese Weise dahin bringt, dieses Organ auf den normalen Zustand wieder zurückzubringen. Dies begegnete uns mit einem Versuche, den wir mit Breschet im Spitale an einem Menschen anstellten, der am Beine ein unheilbares Geschwür hatte.

Man kann auch vermittelst der Elektricität in das Innere des Körpers irgend ein chemisches Agens schaffen, das die oder die Wirkung auf ein krankes Organ hervorzubringen im Stande ist. Als Beispiele führen wir folgende Resultate an, welche Dr. Pala-

prat erhielt. Nachdem er soviel als möglich die beiden Aerme einer Frau getrocknet hatte, so legte er auf den einen derselben eine kleine Compresse, die er mit einer Lösung von Jodkalium getränkt hatte, und die er mit einer Platinplatte bedeckte, welche mit dem negativen Pole einer aus 30 Elementen bestehenden Säule in Verbindung stand; auf den andern Arm legte er eine feuchte Compresse mit Stärkemehl und bedeckte sie gleichfalls mit einer mit dem positiven Pole communizirenden Platinplatte. Wenige Augenblicke darauf nahm das Stärkemehl eine blaue Farbe an, ein Beweis, daß das Jod von einem Pole zum andern durch den Körper fortgeschafft worden war. Als er die Epidermis weggeschafft hatte, war die Wirkung noch auffallender. Faber Palaprat hat gleichfalls in das Innere der Muskeln Jod und andere chemische Agentien mit Hülfe von Platinnadeln, welche in dieselbe gesteckt worden waren, hineingeschafft. Begreiflich kann diese Verfahrungsweise bisweilen glückliche Resultate haben.

Man kann endlich mit Hülfe der Volta'schen Elektricität eine Moxa in die tiefsten Regionen des Körpers bringen. Zu dem Ende steckt man in den leidenden Theil eine Platinnadel, die man mit dem einen Pole einer Säule, die aus Elementen mit breiten Flächen besteht, welche kräftige thermo-elektrische Wirkungen hervorzubringen im Stande sind, in Verbindung setzt, während der andere Pol vermittelst einer Metallplatte mit einem Theile des Körpers, der sich in der Nähe von demjenigen befindet, wo die Nadel ist, communizirt; in dem Augenblicke wird diese glühend heiß, und brennt das herumliegende Fleisch unter Hervorbringung eines lebhaften Schmerzens von kurzer Dauer. Es zeigt sich bald eine Entzündung wie bei Auflegung der Moxa, sodann ein Schorf, der endlich in Gestalt eines Federkiels abfällt.

Von den pathologischen Fällen, in welchen man die Elektricität angewandt hat.

Man suchte die Elektricität in einer Menge von Krankheiten und unter andern in der Lähmung anzuwenden; man muß aber gestehen, daß man sich oft und viel verrechnet hat; indessen wollen wir die hauptsächlichsten Fälle angeben, wo man glückliche Resultate erhielt.

Grapengießer hat es dahin gebracht, den Gesichtsnerven in der Gesichtsschwäche, und bei einem nicht vollständigen Staare dadurch zu reizen, daß er die Nasenlöchermembrane mit dem positiven Conduktor einer Säule und einen Theil der Haut, welche den Weg des Stirnnerven deckt, mit dem negativen in Contakt brachte. Ist die Nasenmembrane zu sehr affizirt, so legt man den positiven Pol auf den obern Kinnbacken, oder wenn der Schmerz zu heftig ist, auf die angefeuchtete Haut der Backe. Um den Sehnerven zu reizen, legte er einen von den beiden Polen auf die Hornhaut und den andern auf einen hinlänglich angefeuchteten benachbarten Theil. Diese Verfahrungsweise erheischt Vorsicht, weil häufig eine reichliche Thränensekretion daraus entspringt und eine sehr starke Röthe in der Conjunktive zur Folge hat.

Magendie wandte die Elektricität in den Fällen einer Gesichtsschwäche an; er leitete zu dem Ende den Strom durch die Nerven der Augenhöhle. Als er bemerkt hatte, daß die vorzüglichsten Sehorgane, der Augapfel und der Sehnerve nicht mehr wirken, wenn sie nicht mehr unter dem Einflusse des fünften Paares stehen, woraus der Staar entsteht, so schloß er daraus, daß es zwei Staararten geben müsse, die eine, welche eine Affektion der Netzhaut und demnach des Sehnerven, und die andere eine Affektion des Nerven vom fünften Paare zur Ursache habe. Er meinte,

daß in diesem letztern Falle die Elektricität mit Nutzen auf die verschiedenen Zweige des fünften Paares angewandt werden könne. Zu dem Ende wirkte er auf den Nerven, ohne die umgebenden Theile zu affiziren. Nadeln wurden demnach in den Nerven selbst gesteckt, ohne die umgebenden Theile etwas anzugehen. Der erste Versuch wurde mit einem jungen Manne angestellt, der mit dem Staare mit einer Unbeweglichkeit der Pupille behaftet war; eine stählerne Nadel wurde in den Stirnnerven in dem Punkte gesteckt, wo er aus dem Augenbraunloch herauskommt; die andere Nadel wurde in den unter der Augenhöhle befindlichen Nerven an dem Orte gebracht, wo er aus der Augenhöhle heraustritt; der Kranke empfand jedesmal auf der ganzen entsprechenden Seite einen Schmerz, der dem ähnlich war, wenn man sich an den Ellenbogen stößt. Man wiederholte den Versuch; anstatt aber den Stirnnerven an der Stirne zu durchstechen, brachte man die Nadel in die Augenhöhle selbst, ungefähr gegen die Mitte ihrer Länge. Man wirkte sodann auf den Thränennerven; da diese verschiedene Versuche keine Besserung in dem Zustande des Staars herbeiführten, so ließ man vermittelst der Nadeln einen Strom in die Nerven gehen, um die Thätigkeit der Netzhaut und des Sehnerven unmittelbar zu reizen. Zwei Tage nachher wurde die eine der Nadeln in den Stirnnerven, die andere in den obern Kinnbackennerven gesteckt und mit den beiden Enden einer Säule, die aus 12 Elementen von 16 Centim. Seitenfläche bestand, in Verbindung gebracht. In dem Augenblicke, wo die Kette geschlossen war, empfand der Kranke eine schmerzliche Erschütterung in dem Gange des Nerven, das Licht affizirte ihn sichtlich und die Pupille zog sich zusammen; nach Verlauf einer Behandlung von 14 Tagen trat eine merkliche Besserung in dem Staare ein, und die Pupille

erlangte ihre gewöhnliche Dimensionen wieder. Magendie erhielt bei Befolgung dieser Verfahrungsart andere befriedigende Resultate. Wir bemerken bloß, daß, da die Muskeln und die Nerven dasselbe Leitungsvermögen besitzen, man wahrscheinlich die nämlichen Resultate erhalten haben würde, wenn man die Nadeln außen und nahe bei den Nerven in die Muskeln gesteckt hätte, anstatt sie zu durchstechen.

Um die Gehörnerven zu erregen, bringt man an dem Ende der Leiter der Säule einen Metallstab an, der in einer gläsernen Röhre steckt und sich in eine gläserne Kugel endigt. So wie der Strom in die Gehörnerven fortgepflanzt wird, hört man ein mehr oder minder starkes Sausen; die Erregung wird bis zum Sehnerven fortgepflanzt. Will man nur auf ein Ohr wirken, so bringt man den Conduktor in den Gehörgang dieses Ohres und den andern auf einen entblößten anstoßenden Theil. Man hat gefunden, daß diese Behandlungsweise bei Gesichtsschwäche, bei Taubheit und unvollständiger Sprachlosigkeit mit Nutzen angewandt wurde.

Man kann im Allgemeinen die elektrische Behandlung in Fällen einer unvollständigen Lähmung, und wenn es sich davon handelt, das Nervensystem zu überreitzen, anwenden; ist aber die Lähmung vollständig und das Leben in den Nerven erloschen, so müssen die elektrischen Ströme unwirksam sein, um den Muskeln das Vermögen zu ertheilen, sich zu bewegen. Bis jetzt haben wir nur die Mittel angegeben, auf einzelne von Atonie getroffene Nerven zu wirken; wir müssen jetzt die elektrische Behandlung angeben, die bisher von Personen befolgt wurden, welche sie auf die sinnreichste Weise in der Lähmung anwandten.

Unter diesen führen wir zuerst Marianini und Nobili an. Marianini wandte mit großem Erfolge

die Ströme an, die von einem Säulenapparate von 60 Paaren herkamen. Wir geben hier ausführlich die Behandlung einer Frau, welche plötzlich den Gebrauch ihrer Glieder, so wie die Empfindung verloren hatte. Ein mit der Säule in Verbindung stehender Bleistreifen wurde um eines der Beine gelegt, und ein anderer ähnlicher, der mit dem negativen Pole communizirte, wurde zwischen der Fußbiege und den Zehen angebracht. Man fing zuerst damit an, dem Beine durch Unterbrechung der Kette 50 Erschütterungen zu geben, sodann die nämliche Anzahl dem andern; man stieg mit dieser Zahl bis auf 300 an jedem Beine und brachte jeden Fuß mit einem der Pole in Verbindung; jede Erschütterung fand in der Zeit von 1 bis 2 Sekunden Statt und nach jeder Erschütterung trat eine Ruhe von 2 bis 3 Minuten ein; in dem Zwischenraume von einer Reihe von Erschütterungen zur andern blieb die Kette geschlossen. Da der Strom zu cirkuliren fortfuhr, so mußte daraus nothwendig eine Schwächung in dem Nervensysteme erfolgen, eine heilsame Schwächung in dem Falle, wo dieses System in Folge der Erschütterungen überreizt worden wäre; bisweilen elektrisirte man auch die Kranke dadurch, daß man das Ende des Bleistreifens, der in eine Spitze ausging, und mit dem negativen Pole communizirte, mit der Stelle des Beines in Berührung brachte, deren Haut am empfindlichsten schien, und welche mit Salzwasser angefeuchtet wurde; die Kranke hatte eine Empfindung, welche der eines Stiches ähnlich und die erste seit ihrer Lähmung war. Diese Behandlung wurde länger als eine Stunde vorgeschrieben und mehrere Tage hintereinander fortgesetzt. Man erhöhte nach und nach die Zahl der Paare, sowie die Zahl der Erschütterungen, die auf 800 getrieben wurden. Zwölf Tage nach dem Beginne dieser Behandlung, verspürte die Kranke Zeichen der Besse-

rung, besonders in der Empfindung; zuerst ein Gefühl von Jucken; am fünfzehnten Tage nahm sie, obgleich mit Mühe, einige Bewegungen mit dem Fuße vor; am einundzwanzigsten Tage konnte sie aus dem Bette, obgleich sie nur mit Anstrengung stehen konnte; von dieser Zeit an ging die Besserung rasch von Statten, und vier Tage nachher ging sie ohne Anstrengung. Dieser Fall der Besserung in der Lähmung ist nicht der einzige, den Marianini erhielt; rührte der so eben gegebene Bericht nicht von Marianini her, so möchten wir an der gänzlichen Genesung des Kranken zweifeln; wir gestehen jedoch, daß die fortgesetzte Behandlung sehr rationell war, weil sie bei ihrem gradweisen Fortgange dahin strebt, die Nervenverrichtungen dadurch nach und nach wieder herzustellen, daß sie die Nerven durch langsame Uebergänge aus dem Zustande der Atonie in den normalen Zustand bringt, wenn man nur zu demselben gelangen kann.

Wir wiederholen es noch einmal, daß dies das beste Verfahren ist, die Elektricität anzuwenden, um in den verschiedenen Theilen des Körpers die erstarrten und nicht erloschenen Nervenverrichtungen zu wecken.

Nobili zeigte auch eine Behandlungsweise für den Starrkrampf an, und stützte sich hiebei auf seine, bei den Versuchen über die Contraktionen des Frosches und seines eigenthümlichen Stromes angestellten Beobachtungen. Wir beschränken uns darauf, die Principien, welche ihn leiteten, anzugeben. Wenn man die Elektricität auf ein gelähmtes Glied anwendet, so hat man zur Absicht, das Nervensystem so zu reizen, daß man dem Muskel die Fähigkeit verleiht, sich zusammenzuziehen; man kann alsdann die stätige Wirkung des Stroms, welcher die Nervenreizbarkeit zu schwächen sucht, nicht anwenden; da die Wirkung eines unterbrochenen Stromes das Gegentheil her-

vorbringt, so muß diese vorgezogen werden. Bei dem Starrkrampfe muß man der ersten den Vorzug geben. Uebrigens sind diese Ansichten die des Marianini.

Als Matteucci die Resultate erwog, welche seine Vorgänger erhielten, so unterwarf er der elektrischen Behandlung einen Mann, der in Folge eines Schusses mit dem Starrkrampfe behaftet war. Zu dem Ende ließ er einen umgekehrten Strom in das Rückenmark gehen. Die Zufälle verschwanden während des Durchgangs des Stromes; der Kranke wurde aber darum nicht geheilt.

Wir haben durchaus nicht die Absicht von den mehr oder weniger unfruchtbaren Versuchen zu sprechen, welche bei der Behandlung der Kranken durch Elektricität angestellt wurden, weil es vielleicht keine Krankheiten gibt, wo man sie nicht, und fast immer ohne Beurtheilung anwandte, d. h. ohne die Eigenschaften der Elektricität entweder als physische oder chemische Kraft gründlich studirt zu haben. Wir mußten uns an die allgemeinen Erscheinungen halten, um die Praktiker in den Stand zu setzen, ein Agens nützlich anzuwenden, das vorzüglich in Nervenkrankheiten gute Dienste leisten kann, während sie aber ja nicht aus dem Auge verlieren dürfen, daß man bei Ueberreizung die stätigen, bei Atonie hingegen die unterbrochenen Ströme anwenden müsse.

Anmerkung.

Als wir von der Elektricitätsentwicklung bei der Expansion des Dampfes der Dampfkessel sprachen, so haben wir vergessen, des Werkes und der Versuche Faraday's zu erwähnen. Wir holen hier das Ausgelassene nach.

Aus seinen Versuchen erhellt, daß sich durch den bloßen Durchgang des Dampfes niemals Elektricität entwickle, wohl aber wenn Wasser unter denselben gemengt ist. Faraday schloß daraus, daß die Elektricität durch das Reiben der Wasserkügelchen an den Wänden des Cylinders oder an den Substanzen, die sich ihrem Ausgange widersetzen, wenn sie durch die Bewegung des Dampfes schnell mit fortgerissen werden, hervorgebracht werde.

Daraus wird es begreiflich, woher es komme, daß sich um so mehr Elektricität entwickle, je beträchtlicher der Druck und die Projektionskraft des Dampfes ist; denn man hat alsdann nicht zu besorgen, daß der Dampf die Wände benetze, eine wesentliche Bedingung zu Hervorbringung der Elektricität, welche so bewirkt wird, daß im Allgemeinen der Dampf oder das Wasser positiv, und die festen Körper, mögen sie sein, welche sie wollen, negativ sind.

Wenn sich ein Metalldraht in dem Strome des Dampfes in einiger Entfernung von der Oeffnung, aus welcher er fährt, befindet, so dient dieser Draht zum Leiter und entzieht dem Dampfe seine positive Elektricität. Die Wärme, die sich der Verdichtung des Dampfes widersetzt, hindert die Entwicklung der

Elektricität, die sich schnell durch Abkühlung des Kanals auf eine Weise zeigt, die zu Bewirkung der Verdichtung hinreichend ist. Es findet nur in so weit Elektricitätsentwicklung Statt, als das Wasser rein ist; das Dasein einer geringen Menge Salz oder Säure zerstört dieses Vermögen. Thut man Terpentinöl daran, so sind die elektrischen Erscheinungen umgekehrt, d. h. der Dampf ist negativ.

Faraday zeigte, was man übrigens schon wußte, daß man ähnliche Erscheinungen erhalte, wenn man dem Dampfstrome einen Luftstrom substituire. Enthält dieser Strom Feuchtigkeit, so nimmt die Luft die Elektricität mit fort; ist die Luft trocken, so zeigen sich keine Erscheinungen; vermischt man trockene Pulver mit der Luft, so zeigt sich Elektricitätsentwicklung, deren Art von der Natur der Pulver abhängt.

Inhaltsverzeichniß.

Erster Theil.

Seite

Vorrede 3

Historische Einleitung.

Erstes Kapitel. Allgemeine Betrachtungen über den Weg, den man in dem Studium der angewandten Physik einzuschlagen hat 11

Zweites Kapitel. Von der allgemeinen Naturlehre in ihren Beziehungen zu den andern Wissenschaften und zu der Civilisation seit den frühesten Zeiten bis zum 15ten Jahrhundert 24

Drittes Kapitel. Von dem Fortschritte der allgemeinen Physik seit dem 16ten Jahrhundert bis auf Newton 56

Viertes Kapitel. Geschichte der Elektricität . . 78

Fünftes Kapitel. Magnetismus. Geschichtliches und allgemeine Eigenschaften des Magnetismus . . . 145

Von der Wirkung der Magnete auf alle Körper, in Ruhe oder in Bewegung 157

Vom Erdmagnetismus 160

Von den Beobachtungen der Deklination 162

Von den hundertjährigen, jährlichen und täglichen Verschiedenheiten der Deklinationen 164

Von den Beobachtungen der Inklination 169

Von der magnetischen Intensität der Erdkugel an den verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche 170

Wechsel in der Intensität 174

Erörterung der magnetischen Beobachtungen 175

Theorien der magnetischen Erscheinungen und allgemeine Betrachtungen 179

Sechstes Kapitel. Von der Optik 181

Von den verschiedenen Meinungen über den Ursprung des Lichts 183

Von der Geschwindigkeit des Lichts 187

Seite
Photometrie 187
Reflexion des Lichtes oder Katoptrik 189
Von der einfachen Brechung oder Dioptrik . . . 192

Zweiter Theil.

Fortsetzung der Optik.

Von den Linsengläsern 3
Von der Zersetzung und Wiederzusammensetzung des Lichtes 5
Von dem Regenbogen, den Höfen und Nebensonnen . . 9
Wärmeerregende, chemische, und Phosphoreszenz erzeugende Eigenschaften des Lichtes 12
Von der Zerstreuung 17
Von dem Achromatismus 18
Vom Sehen 19
Von den optischen Instrumenten. — Von den Mikroskopen 21
Von den Fernröhren 23
Von der Beugung und Interferenz des Lichtes . . . 27
Von den farbigen Ringen, welche die dicken und dünnen Lamellen erzeugen 32
Von der doppelten Brechung 42
Polarisation 45
Farben des polarisirten Lichtes 55
Farbige Ringe der krystallisirten Platten . . . 59
Kreisförmige Polarisation 61
Farben der derben Körper 64
Absorption des polarisirten Lichtes 65
Siebentes Kapitel. Von der Wärme. Von den verschiedenen Meinungen über die Ursache der Wärme 67
Von der Fortpflanzung der Wärme durch Ausstrahlen und durch unmittelbare Berührung 71
Von den Gesetzen der Erwärmung und des Erkaltens der Körper 80
Vor der Ausdehnung der Körper und von den Thermometern 82
Wärmecapacitäten oder specifische Wärme . . . 93
Von den Dämpfen 99
Hygrometrie 102
Von den Erscheinungen, welche in den Zustandsveränderungen der Körper hervorgebracht werden . . . 103
Achtes Kapitel. Von der Schwere 108
Wirkung der Schwere auf die liquiden Körper und die Gase 117
Zusammendrückbarkeit der Gase 120
Von der specifischen Schwere oder Dichtheit der liquiden Körper und der Gase 121
Von der Bewegung der liquiden Körper oder Gase . 122

Seite
Neuntes Kapitel. Von den Capillarerscheinungen . 126
Von der Capillarität bei den Gasen 145
Zehntes Kapitel. Akustik. Von dem Schalle . . . 147
Von der Fortpflanzung und der Geschwindigkeit des Schalls 152
Von der Reflexion der Schallwellen 155
Wahrnehmung und Vergleichung der Töne . . . 158
Von den Schwingungen der in Röhren eingeschlossenen Luftsäulen 160
Schwingungen der flüssigen Adern 164
Schwingungen der starren Körper 166
Transversalschwingungen der Stäbe 168
Schwingungen der Platten, Membranen und Glocken . 172
Von den Elasticitätsachsen 173
Von der Mittheilung der schwingenden Bewegung der Körper 178

Erstes Buch.

Physik.

Einleitung 181
Erstes Kapitel. Atomistische Zusammensetzung der unorganischen Körper 191
Krystalloatomische Theorien 218

Dritter Theil.

Fortsetzung.

Zweites Kapitel. Struktur der unorganischen Körper.
Allgemeine Betrachtungen 3
Maaß der Krystallwinkel 8
Gesetz der Symmetrie 23
Isomorphismus und Dimorphismus 29
Theoretische Ansichten über die Struktur der Krystalle . 38
Betrachtungen über die Theorie der Abstufungen . . 42
Von den Formen, die sich von der krystallinischen Regelmäßigkeit entfernen 45
Drittes Kapitel. Allgemeine Ansichten über die Zusammensetzungen und die Struktur der organischen Körper.
Von den organischen Körpern und ihrer atomischen Zusammensetzung 53
Von den anzuwendenden Mitteln, die Struktur der organischen Körper zu beobachten und zu studiren . . . 74
Mikroskope 75
Mikrometer 84
Camera lucida am Mikroskope 88
Viertes Kapitel. Struktur und Constitution der Pflanzen 90

Seite
Von dem Stärkemehle und seiner Constitution . . . 110
Fünftes Kapitel. Von der Organisation und Struktur der Thiere 115
Von den Knochen 121
Von den Muskeln 122
Von den Nerven 126
Von dem Auge 134
Von der Struktur des Ohres 139
Struktur des Kehlkopfs 142
Von den constituirenden Kügelchen der organischen Gewebe, und den Kügelchen des Blutes und verschiedener Sekretionen 143
Anatomie des Frosches und des Krampffisches . . . 149

Zweites Buch.

Von der Elektricität.

Erstes Kapitel. Von der Elektricität . . . 154
Allgemeine Eigenschaften der dynamischen Elektricität . . 157
Physische Eigenschaften der dynamischen Elektricität . 165
Zweites Kapitel. Von den Apparaten zu Untersuchung der Elektricitätsentwicklung.
Elektroskope und Elektrometer 169
Von dem elektrischen Multiplikator oder Galvanometer . 175
Drittes Kapitel. Von der Entwicklung der Elektricität bei mechanischen Wirkungen.
Von den elektrischen Erscheinungen bei der Spaltung und dem Drucke 182
Von Entwicklung der Elektricität durch Reiben . . . 193
Von der Elektricitätsentwicklung durch Reiben an den Körpern, welche schlechte Leiter sind 205
Von den Erscheinungen des Reibens in den Gasen und dem leeren Raume 216

Vierter Theil.

Fortsetzung.

Viertes Kapitel. Von der Elektricitätsentwicklung bei chemischen Wirkungen 3
Elektrische Erscheinungen b i der Reaktion der Auflösungen auf einander 5
Von den Scheidewänden 20
Amalgamirtes Zink 27
Von dem Einflusse der Temperatur der Platinaplatten, die zu Leitung der elektrochemischen Ströme dienen . . 31
Betrachtungen über die Theorie des Contakts . . . 33

Seite
Elektrische Erscheinungen bei chemischen Zersetzungen . . 40
Elektricitätsentwicklung bei der Expansion des Dampfes bei den Dampfkesseln 43
Elektrische Erscheinungen bei dem Contakte der Gase und der nicht oxydirbaren Metalle 56
Von den einfachen Apparaten mit constantem Strome . 58
Von den elektrischen Erscheinungen durch die chemische Wirkung des Sonnenlichts 64
Von den elektrischen Erscheinungen bei den Capillarwirkungen 72
Von der Elektricitätsentwicklung durch die Vertheilung der elektrischen Ströme und durch die Magnete . . . 74

Drittes Buch.

Von der Wärme.

Erstes Kapitel. Von Erzeugung der Wärme . . 77
Von Wärmeentwicklung bei mechanischen Wirkungen . . 78
Zweites Kapitel. Von den elektrischen Erscheinungen, welche vermittelst der Wärme hervorgebracht werden . 94
Von den elektrischen Erscheinungen, welche von der Wärme in schlechten Leitern und in verschiedenen mineralischen Substanzen hervorgebracht werden 115
Von den Wärmeerscheinungen, welche bei den Körpern durch den Durchgang der Elektricität hervorgebracht werden 137
Drittes Kapitel. Wärmeerscheinungen durch chemische Wirkungen 169
Wärmeentwicklung bei molekularen Wirkungen . . . 192

Fünfter Theil.

Fortsetzung.

Viertes Kapitel. Von der specifischen Wärme einfacher und zusammengesetzter Körper und den Gesetzen, welche sie leiten 3
Von der specifischen Wärme der zusammengesetzten Körper 18
Von der specifischen Wärme der Gase 30
Wärmekapacität verschiedener Gase unter demselben Drucke 34
Von dem Messen der Temperaturen 39
Von den Instrumenten zu Messung der Temperatur der Meere, Seen und des Innern der Erde 51
Minimumthermometer 53
Thermometrograph 54
Fünftes Kapitel. Von Erzeugung der Wärme in den organisirten lebenden Körpern.
Von den Mitteln, die Temperatur der inneren Theile des Menschen und der Thiere zu messen 59

Seite

Von der Differenz zwischen der Temperatur des Arterien- und Venenblutes 74
Von Temperaturveränderungen in verschiedenen pathologischen Fällen 78
Von der Temperatur der Insekten in ihren Beziehungen zu den Respirations- und Cirkulationsfunktionen . . 80
Von der Temperatur der kaltblütigen Thiere . . . 84
Temperatur des Frosches S. 87; der Kröte S. 87; der Eidechse S. 88; der Blindschleiche S. 88; der Natter S. 89; der Schnecke S. 89; der Muscheln, Mollusken u. s. w. S. 90; der Reptilien aus dem naturhistorischen Museum S. 91; Tabelle der Temperaturen verschiedener Thiere von John Davy. S. 92.
Von dem Vermögen des Menschen und der Thiere, den Wirkungen der äußeren Temperatur zu widerstehen . 94
Von den Ursachen, welche zu Erzeugung der thierischen Wärme beitragen 99
Von der eigenthümlichen Temperatur der Pflanzen . . 114
Von den thermoelektrischen Apparaten zu Erforschung der Wärme erregenden Erscheinungen der Pflanzen . . 118
Von der Temperatur der Blüthen 121

Viertes Buch.

Von dem Lichte.

Erstes Kapitel. Von dem Sonnenlichte . . . 123
Von der Intensität des direkten Lichtes 126
Von den verschiedenen farbigen Strahlen, woraus das Sonnenlicht besteht 129
Von den Strichen des Spektrums, das von dem Sonnen- und Sternenlichte hervorgebracht wird 135
Zweites Kapitel Von dem Glühlichte oder dem ausstrahlenden Lichte und den eigentlichen Flammen . 140
Von der Temperatur der Flammen 149
Neue Aufklärungen in Beziehung auf die künstlichen Lichter 155
Von den Strichen, welche in dem Flammenspektrum beobachtet wurden 158
Von den Modifikationen, welche die Flamme unter verschiedenen Umständen erleidet 160
Von den Eigenschaften der Metallgeflechte 167
Drittes Kapitel. Von dem elektrischen Lichte . . 173
Von der Zusammensetzung des elektrischen Lichtes . . 180

Sechster Theil.

Fortsetzung.

	Seite
Viertes Kapitel. Von der Phosphoreszenz . .	3
Von der Phosphoreszenz, die von den Wirkungen des Spaltens, Reibens und von dem Stoße herrührt .	4
Von der Phosphoreszenz, die bei der Krystallisation erzeugt wird	10
Von der Phosphoreszenz durch Erhöhung der Temperatur	15
Von der Phosphoreszenz durch die Wärme der brennbaren Substanzen	22
Von den verschiedenen Arten phosphorischen Lichtes . .	22
Von den verschiedenen Ursachen welche auf die Phosphoreszenzerscheinungen durch Wärme influiren . . .	25
Einfluß des Krystallisationswassers	31
Einfluß der Beschaffenheit der Flächen	32
Einfluß der Massen	34
Von der Phosphoreszenz, welche unter dem Einflusse des elektrischen Lichtes hervorgebracht wird	35
Phosphoreszenz durch das Sonnen	56
Von den künstlichen Phosphoren	61
Von dem Phosphor-Spektrum	63
Von selbst erfolgende Phosphoreszenz	70
Phosphoreszenz der Leuchtkäfer	75
Phosphoreszenz des Meeres	81
Schlüsse	83
Fünftes Kapitel. Von dem Lichte der Gestirne im Allgemeinen und von dem meteorischen Lichte . .	86
Von dem Lichte der Kometen	94
Von dem Lichte der Sterne	97
Von dem Zodiakallichte	101
Von dem Lichte der Doppelsterne	102
Von dem Nordlichte	104
Von den Sternschnuppen	107

Fünftes Buch.

Erstes Kapitel. Von der Schwere	110
Zweites Kapitel. Von der Cahäsion . . .	121
Von der Krystallisation, 125. — Von der Härte, 133. — Von der Elasticität, 135. — Von der Drehungselasticität, 139. — Von der Zähheit, 142.	
Drittes Kapitel. Von der Verwandtschaft . .	143
Einfluß der Cohäsion 150. — Einfluß der Warme 157. — Einfluß der Menge 160. — Einfluß des Druckes 161. — Maaß der Verwandtschaften 163. — Von den Verhältnissen zwischen der Verwandtschaft und der Elektricität 164.	

Seite
Viertes Kapitel. Von den Capillarerscheinungen . 170
Von den Capillarwirkungen bei den unorganischen Körpern 179
Durchsickern und Absorption der Flüssigkeiten . . . 184
Von dem Ausfluß der Flüssigkeiten aus Röhren mit sehr kleinen Durchmessern 190

Siebenter Theil.

Fünftes Kapitel. Von der Endosmose und Exosmose 3
Theorie der Endosmose 20
Von den Einziehungs- und Absorptionserscheinungen bei den Thieren 26
Von der Absorption des Färbestoffes des Krapps durch die Knochen 31
Von den Erscheinungen des Einziehens, der Absorption, der Hygrometrie in den Pflanzen 33
Von der Aufsteigung des Saftes in den Pflanzen . . 35
Von den Erscheinungen, welche in den Pflanzen durch das Einziehen giftiger Substanzen hervorgebracht werden und welche den Einfluß der Endosmose zeigen . . . 39
Erklärung der verschiedenen, von der Endosmose abhängigen Erscheinungen. Von dem Aufsteigen des Saftes in den Pflanzen 45
Von der Wirkungsweise der Diastase, um das Zerreißen der Decken des Stärkemehls zu bewerkstelligen . . . 49

Sechstes Buch.

Elektrochemie.

Erstes Kapitel. Beschreibung und Anwendung der Apparate. Von den Apparaten 54
Von den Eudiometern 70
Von der Anwendung der erwärmenden Wirkung der Elektricität, um Schmelzungen hervorzubringen . . 73
Von den chemischen Erscheinungen vermittelst mechanischer Wirkungen 77
Zweites Kapitel. Von den elektrochemischen Zersetzungen, die vermittelst einfacher und zusammengesetzter Apparate und der Elektrisirmaschinen bewirkt werden . 83
Von einigen allgemeinen Bedingungen der elektrochemischen Zersetzungen 88
Von dem Gesetze der Massen 95
Von der elektromagnetischen Wage 99
Wirkung des Stroms auf mehrere Auflösungen . . . 104

Seite

Von der Zersetzung des Wassers und der in demselben aufgelösten Körper 118
Neue elektrochemische Nomenklatur 121
Von den chemischen Zersetzungen vermittelst der freien Elektricität 123
Von den gewöhnlichen Kennzeichen, um die Erzeugung chemischer Wirkungen zu beurkunden 128

Drittes Kapitel. Elektrochemische Eigenschaften der einfachen und zusammengesetzten Körper, 131. — Sauerstoff, 131. — Sauerstoff, 133. — Von den einfachen und zusammengesetzten Metalloiden, 134. — Wasserstoff, 135. — Bor, 137. — Silicium, 138. — Kohlenstoff, 143. — Kohlenwasserstoffe, 146. — Phosphor, 148. — Phosphorwasserstoff, 148. — Schwefel, 149. — Schwefelkohlenstoff, 151. — Selen, 152. — Fluor, 153. — Chlor, 155. — Salzsäure, 157. — Chlorkohlenstoff, 158. — Anderthalb Chlorkohlenstoff, 159. — Brom, 159. — Jod, 161. — Stickstoff, 166. — Atmosphärische Luft, 167. — Cyan oder Kohlenstoffazotür, 170. — Metalloidoxyde und Metalloidsäuren: Wasser, 171. — Borsäure, 176. — Kieselsäure oder Kieselerde, 176. — Kohlenstoffoxyd, 177. — Kohlensäure, 178. — Chlorkohlensäure, 179. — Phosphorsäure, 179. — Sauerstoffsäuren des Schwefels; schweflige Säure, 180. — Schwefelsäure, 181. — Sauerstoffsäuren des Stickstoffes; Stickstoffoxydul, 182. — Salpetriges Gas, 183. — Salpetersäure, 184. — Metalloidsäuren; Schwefelwasserstoffsäure, 185. — Salzbildende Metalloidbasen: Ammoniak oder Wasserstoffazotür, 186. — Selbstthätige Bildung des Ammoniaks, 188. — Von den Versuchen, das Radikal des Ammoniaks frei darzustellen, 190. — Wasserstoffsuperoxyd oder oxydirtes Wasser, 193. — Von den Metallen, 194. — Von der Reduktion der Oxyde, 198. — Kalium, 200. — Natrium, 202. — Lithium, 203. — Barium, 203. — Strontium, 204. Kalcium, 204. — Magnesium, 205. — Aluminium, 207. — Glucium, 208.

Achter Theil.

Fortsetzung.

Zirkonium, 3. — Thorium, 3. — Yttrium, 4. — Arsen, 4. — Chrom 6. — Molybdän, 7. — Wolfram, 7. — Antimon, 8. — Tellur, 8. — Tantal, 9. — Titan, 10. — Gold, 10. — Elektrochemische Versuche mit den Goldauflösungen im Königswasser, 12. — Scheidung des Goldes aus

Seite

einer Auflösung, welche Kupfer, Eisen oder Blei enthält, 15. — Osmium, 17. — Iridium, 17. — Platin, 17. — Palladium, 19. — Rhodium, 20. — Silber, 20. — Quecksilber, 23. — Kupfer, 25. — Uran, 27. — Wismuth, 27. — Zinn, 28. — Blei, 29. — Kadmium, 30. — Zink, 30. — Nickel, 32. — Kobalt, 32. — Eisen, 33. — Mangan, 35. — Cerium, 36.

Von den verschiedenen Zuständen, unter welchen die Metalle durch die Einwirkung der Ströme reduzirt werden . 37

Viertes Kapitel. Von den Oxyden, Sulfüren Chlorüren u. s. w. und andern metallischen Zusammensetzungen.

Oxyde 41
Von dem Kali und dem Natron 42
Anderes Verfahren zu Trennung des Kali und des Natron von ihren Sulfaten 43
Kalkhydrat 44
Von dem Silbersuperoxyde 45
Kupferoxyde 45
Bleioxyde 47
Zinkoxyd 50
Von den Eisen- und Mangansuperoxyden 51
Von der Cementirung 51
Von den metallischen Chlorüren und Doppelchlorüren . 54
Von den Sulfüren und Doppelsulfüren 58
Von den Jodüren und Doppeljodüren 66
Darstellung einer allgemeinen Methode, um verschiedene Produkte, den Schwefel, das Sulfat und Carbonat vom Baryt, Blei u. s. w. krystallisirt zu erhalten . . 68
Von der Wirkung der Elektricität mit starker Spannung auf die unlöslichen Substanzen 74
Von der Wirkung der Ströme einer Elektricität mit schwacher Spannung auf die unlöslichen Substanzen . . 78
Von den unlöslichen Carbonaten 84

Fünftes Kapitel. Von den elektrochemischen Wirkungen in den organisirten Körpern und organischen Substanzen unter dem Einflusse der Ströme.

Von der Elektricitätsentwicklung in dem Vegetationsakte . 87
Von der Wirkung energischer Ströme auf die unmittelbaren Bestandtheile der Pflanzen 91
Von der Wirkung der Ströme, welche von der Elektricität mit schwacher Spannung herrühren, als analytisches Mittel in organischen Zusammensetzungen 93
Von der Wirkung der Ströme auf den Alkohol und Aether und verschiedene andere Zusammensetzungen . . . 94
Elektrochemische Zersetzung der Alkohollösungen . . . 98
Von den chemischen Modifikationen, welche der Alkohol und

Seite

der Aether unter dem doppelten Einflusse eines Voltaschen Stroms und des Platins erleiden . . . 99
Von dem Einflusse der Elektricität auf die geistige Gährung 101
Wirkung der Elektricität auf die animalischen Stoffe . . 102
Von dem Gerinnen des Eiweißes 104

Siebentes Buch.

Von der Wirkung der Wärme auf die Körper . . . 108
Erstes Kapitel. Von der Fortpflanzung der strahlenden Wärme in die Körper 109
Von dem Wärmespektrum 126
Von der Wirkung der Wärme, um die Struktur der Körper zu verändern, oder sie zu zersetzen 129

Achtes Buch.

Wirkung des Lichts auf die Körper.

Erstes Kapitel. Chemische Wirkung des Lichts.
Vorrede 131
Empfindliche Substanzen und Papiere 133
Körper, die in ihrer Constitution verändert wurden, ohne ihre Natur zu verändern 135
Körper, deren Verbindung unter dem Einflusse des Sonnenlichts bewerkstelligt wird 137
Körper oder Verbindungen, die unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen zum Theile oder ganz aufgehoben werden 142
Empfindliche Papiere 147
Chemisches Spektrum 153
Elektrochemischer Aktinometer 169
Durchsichtige, farblose Schirme 177
Von den verschiedenen Prismen 186
Von den farbigen Schirmen 188
Physische Gesetze der chemischen Strahlen 193

Neunter Theil.

Fortsetzung.

Zweites Kapitel. Von der Anwendung des polarisirten Lichtes, um in einigen Fällen die Mengungen von den bestimmten oder unbestimmten chemischen Verbindungen zu unterscheiden 3
Rotation des Bergkrystalls 12
Rotationsvermögen isomerer Substanzen 15

Seite
Rotationsvermögen der Zucker, des Dextrins und verschiedener vegetabilischer Säfte 19
Von der Rotation der Kampher und der wesentlichen Oele . 25
Rotationsvermögen der Weinsteinsäure 27
Drittes Kapitel. Von der Bestimmung der lamellarischen Constitution der krystallisirten Körper vermittelst der Wirkungen, welche das polarisirte Licht bei seinem Durchgange durch dieselben erleidet . . . 32
Von dem Alaune 42
Viertes Kapitel. Von den Verhältnissen zwischen dem Brechungsvermögen der Körper und ihrer Dichtheit . 47
Fünftes Kapitel. Von den Bildern, welche durch den Einfluß der Körper aufeinander erzeugt werden . 54

Neuntes Buch.

Dazwischenkunft der physischen Kräfte bei den physiologischen Erscheinungen.

Erstes Kapitel. Von den Pflanzen 59
Zweites Kapitel. Einfluß der Wärme auf das Pflanzenleben 65
Drittes Kapitel. Wirkung des Lichts auf die Pflanzen. 71
Wirkung des Lichts auf die Pflanzen, um ihnen eine Richtung zu geben 74
Viertes Kapitel. Wirkung der Elektricität auf die Vegetation 77
Von den Ursachen, welche in den Pflanzen elektrische Ströme hervorbringen können 79
Von dem Einflusse der Elektricität auf die Vegetation . 81
Fünftes Kapitel. Von der Dazwischenkunft der physischen Kräfte in den Lebenserscheinungen bei den Thieren 89
Physiologische Wirkung der Elektricität mit starker Spannung 95
Contraktionserscheinungen unter dem Einflusse der Volta'schen Elektricität 98
Ursachen, welche die Wirkung der Elektricität auf die Nerven modificiren. Wirkungen des Unterbindens . . . 101
Volta'sche Alternative 102
Von den Empfindungen, welche in dem Frosche durch den Durchgang des Stroms hervorgebracht werden . . 106
Gesetze, nach welchen die Thätigkeit des Frosches abnimmt 107
Von den starrkrampfigen Contraktionen 108
Sechstes Kapitel. Von dem eigenthümlichen Strome lebender Thiere 110
Von den Gesetzen, nach welchen der Muskelstrom verschieden ist. Einfluß der Temperatur auf diesen Strom . . 115

Seite
Von dem eigenthümlichen Strome bei den warmblütigen Thieren 120
Siebentes Kapitel. Von den Contraktionen, die man durch den Metallreiz an dem Menschen und den großen Thieren nach einem gewaltsamen Tode erhalten hat; Theorie der Contraktionen 127
Theorie der von den physischen Agentien herrührenden Contraktionen, auf die bekannten Hauptthatsachen gegründet 128
Achtes Kapitel. Anwendung der Elektricität bei dem Studium der Physiologie.
Von der Anwendung der Elektricität, um die Bewegungsnerven zu unterscheiden 132
Wirkung der Ströme auf verschiedene Gewebe . . . 136
Von den Eindrücken, welche der Durchgang des Stroms auf die Nerven hervorbringt 137
Neuntes Kapitel. Von den elektrischen Fischen . . 140
Von den Mitteln, welche angewandt werden, um den elektrischen Ursprung der Entladung des Krampffisches zu erkennen 144
Von den Ursachen, welche die Entladung des Krampffisches modificiren 148
Zehntes Kapitel. Von den unter der Herrschaft des Willens hervorgebrachten Contraktionen 156
Eilftes Kapitel. Von der Anwendung der Elektricität in der Heilkunde 161
Von den pathologischen Fällen, in welchen man die Elektricität angewandt hat 170
Anmerkung 176

Pl. XIII.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Becquerel, Antoine César,

Populäre Naturlehre mit besonderer Rücksicht auf die Chemie und verwandten Wissenschaften in neun Theilen

Bd.: 9

Stuttgart (1845)

Phys.g. 35 g-9
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10130716-2